





الاستاذ
مهند علي السوداني
07703073877

الجزء الاول

الفصول الثلاث الأولى



الاستاذ
مهند علي السوداني

07703073877



2019

تباع النسخة للطالب

9 الاف دينار

انتباه

عند اقتناء ملزمتك من دار المغرب تأكد من وجود
(الجلدة المدورة اللاصقة)
في وجه الغلاف غير ذلك تعتبر الملزمة غير كاملة و مزورة

مطبعة المغرب
بغداد - السعدون
07702729223

مهند علي السوداني



الفصل الاول

الثرموداينمك



ملازم دار المغرب
07702729223

الفصل الاول الثرموداينمك

1-1 الثرموداينمك

علم يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل أكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى أنواع أخرى من الطاقات مثل تحويل الطاقة الحرارية الى الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات.

س / ما هي الظواهر التي يفسرها علم الثرموداينمك؟

1- سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.

2- التنبؤ بحدوث التغييرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة او اكثر تحت شروط معينة.

3- حدوث بعض التفاعلات التلقائية وغير التلقائية عند نفس الظروف.

4- سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.

ملاحظة / لا يهتم علم الثرموداينمك بعامل الزمن الذي يستغرقه التفاعل فهو ينبئ فقط أمكانية حدوث التفاعل من عدمه.

أنــــواع الطاقـــــة.

1- الطاقة الكامنة : هي التي تشمل جميع الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع أنواع المواد وجميع أنواع الوقود.

2- الطاقة الحركية : هي التي تشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك والسيارات والطائرات.

للتوضيح : تتحول الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقة حركية إذا تم تحريك الماء من اعلى الشلال إلى أسفله لأن الطاقة الناتجة وهي الحركية يمكن أن تدور المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية

. وعليه تم استنتاج القانون الاول ⟵ (القانون الاول في علم الثرموداينمك)

(الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى أخر)

2-1 وحدات الطاقة ودرجات الحرارة.

وحدة الجول : هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز لها (J) ويعبر عنه كالآتي

حيث Kg وحدة الكيلو غرام m وحدة المتر S وحدة الثانية

$$1J = 1Kg.\ m^2 /S^2$$

الطاقة الحركية (KE) : هي حاصل ضرب نصف الكتلة (Kg) في مربع السرعة {(m/s) V}

$$KE = 1/2\ m.\ V^2$$

مثال اذا تحرك جسم كتلته 4Kg مسافة متر واحد خلال ثانية واحدة فما هي مقدار الطاقة الحركية؟ الحـــل/

$$KE = \frac{1}{2}\ m.\ V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 4Kg \times (1m/1s)^2 = 2\ (kg.m^2/s^2) = 2\ J$$

درجة حرارة الكلفن : هي درجة الحرارة بوحدات الكلفن (K) ويرمز لها بالحرف T وتعتبر درجة الحرارة المستخدمة في الثرموداينمك ويتم حسابها من درجة الحرارة السيليزية باستخدام العلاقة التالية

$$T(K) = t_{(C^\circ)} + 273$$

3-1 بعض المصطلحات الثرموداينمكية

1. **النظام :** هو عبارة عن جزء معين من الكون يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة قد تكون حقيقية او تخيلية.
2. **المحيط :** كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغييرات الفيزيائية او الكيميائية.
3. **المجموعة(الكون) :** هي النظام + المحيط .
4. **النظام المفتوح :** هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مثل أناء معدني مفتوح يحتوي ماء مغلي.
5. **النظام المغلق :** هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثل إناء معدني مغلق يحتوي ماء مغلي.
6. **النظام المعزول :** هو النظام الذي لا تسمح حدوده بتبادل الطاقة ولا المادة مثل الثرموس.
7. **خواص النظام :** هي المتغيرات الفيزيائية للنظام التي من الممكن ملاحظتها أو قياسها مثل عدد مولات المادة أو المواد الموجودة في النظام أو الحالة الفيزيائية مثل الحجم والضغط و الحرارة.

4-1 الحرارة Heat

هي احد أشكال الطاقة الشائعة في حياتنا اليومية ويرمز لها (q) وهي تمثل انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين مختلفين في درجة الحرارة .

درجة الحرارة : هي مقياس الطاقة الحرارية .

- تتناسب الحرارة المفقودة او المكتسبة لجسم ما طرديا مع التغيير في درجات الحرارة ويرمز للتغير بالرمز (Δ) الذي يوضع قبل رمز الدالة المتغيرة وبالشكل الاتي

$$\Delta T = T_f - T_i$$

حيث T_f درجة الحرارة النهائية و T_i درجة الحرارة الابتدائية .

لذا التناسب بين الحرارة (q) والتغيير في درجة الحرارة يمكن كتابته على الصورة التالية

$$(q) \propto \Delta T \quad \text{------------------1}$$

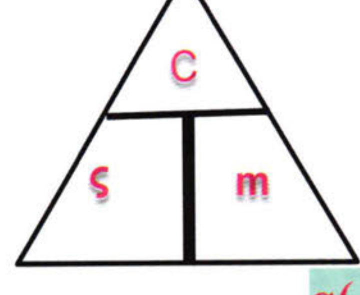
ويحول التناسب الى مساواة بضرب ΔT بثابت تناسب يدعى السعة الحرارية C

$$(q) = C \cdot \Delta T \quad \text{------------------2}$$

وترتبط السعة الحرارية (C) مع الحرارة النوعية (ς) بالعلاقة التالية



$$C = \varsigma \times m \quad \text{------------------3}$$



وبتعويض معادلة 2 في معادلة 3 نحصل على العلاقة التالية

$$q(J) = \varsigma\,(J/g.^\circ C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

س/ ما المقصود بالسعة الحرارية ؟ الحرارة النوعية ؟

السعة الحرارية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/°c).

الحرارة النوعية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/g.°c).

المسائل الخاصة بكمية الحرارة والحرارة النوعية والسعة الحرارية

مثال 1-1 ما مقدار الحرارة الناتجة بوحدة (KJ) من تسخين قطعة من الحديد كتلتها 870g من 5 °C الى 95°C علما ان الحرارة النوعية للحديد 0.45J/g.c ؟

المعطيات
$q = ?$ $m = 870\ g$
$T_i = 5C^o$ $T_f = 95C^o$
$ς = 0.45\ J/g.C^o$

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = (95 - 5) = 90C^o$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(J) = ς\,(J/g.C^o) \times m(g) \times \Delta T\,(^oC)$$

$$q(J) = 0.45\,(J/g.\,C^o) \times 870(g) \times 90\,(^oC) = 35235\ J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة الحديد بوحدة K J كالاتي

$$q\,(KJ) = \frac{35235\,J}{1000J/kJ} = 35.235\ kJ$$

تمرين 1-1 تغيرت درجة حرارة المغنسيوم كتلتها 10g من 25 C° الى 45C° مع اكتساب حرارة مقدارها J 205 احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنسيوم ؟

المعطيات
$q = 205J$ $m = 10\ g$
$T_i = 25C^o$ $T_f = 45C^o$
$ς = ?\ J/g.C^o$

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = Tf - Ti = (45 - 25) = 20C^o$$

وباستخدام العلاقة التالية

$$q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي

$$ς\,(J/g.C) = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{205\,J}{10g \times 20\,(C)} = 1.025\,(J/g.C^o)$$

تمرين 2-1 قطعة من الفضة كتلتها 360 g وسعتها الحرارية (86J/C°) احسب حرارتها النوعية؟

المعطيات
$m = 360\ g$
$C = 86\ J/C^o$
$ς = ?\ J/g.C^o$

الحل /

ترتبط الحرارة النوعية مع السعة الحرارية بالعلاقة التالية.

$$C(J/C^o) = ς\,(J/g.C) \times m(g)$$

$$ς = \frac{C}{m} = \frac{86J/C^o}{360g} = 0.24\ J/g.C^o$$

مثال اضافي 1 قطعة من النحاس كتلتها 6 g سخنت من 21C° الى 124C° احسب كمية الحرارة بوحدة الكيلو جول (kJ) علما ان الحرارة النوعية للنحاس (0.39 J/g.C)؟

المعطيات
$q = ?$ $m = 6\ g$
$T_i = 21C°$ $T_f = 124C°$
$\varsigma = 0.39\ J/g.C°$

الحـــل/ نجد التغير في درجات الحرارة .

$$\Delta T = Tf - Ti = (124 - 21) = 103\ C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (°C)$$
$$q(J) = 0.39\ (J/g.°C) \times 6(g) \times 103\ (°C) = 241J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة النحاس بوحدة kJ كالاتي

$$q\ (KJ) = 241\ J \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.241\ k\ J$$

سؤال 1-3 احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (kJ) من 350g من الزئبق عند تبريدها من 77C° الى 12C° علما ان الحرارة النوعية للزئبق (0.14 J/g.C)؟

المعطيات
$q = ?$ $m = 350\ g$
$T_i = 77C°$ $T_f = 12C°$
$\varsigma = 0.14\ J/g.C°$

الحـــل/ نجد التغير في درجات الحرارة .

$$\Delta T = Tf - Ti = (12 - 77) = -65\ C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (°C)$$
$$q(J) = 0.14\ (J/g.°C) \times 350(g) \times -65\ (°C) = -3185J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة النحاس بوحدة kJ كالاتي

$$q\ (KJ) = -3185\ J \times \frac{1KJ}{1000\ J} = -3.185\ kJ$$

مثال اضافي 2 اذا تم رفع درجة حرارة 34g من الايثانول من 25C° الى 79C° احسب كمية الحرارة الممتصة للايثانول بوحدة(kJ) اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول 2.44 J/g.C

الحـــل/ واجب الناتج سيكون 4.47984 kJ

سؤال 1-4 سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من حرارة 25C° الى 40C° مما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها 5700 J احسب الحرارة النوعية لهذه المادة؟

المعطيات
$q = 5700J \quad m = 155\,g$
$T_i = 25C^\circ \quad T_f = 40C^\circ$
$\varsigma = ?\ J/g.C^\circ$

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = Tf - Ti = (40 - 25) = 15C^\circ$$

وباستخدام العلاقة التالية

$$q(J) = \varsigma\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي

$$\varsigma\,(J/g.C) = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{5700\,J}{155g \times 15\,(C)} = 2.45\,(J/g.C^\circ)$$

سؤال 1-5 4.5g من حبيبات الذهب امتصت 276J عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت 25C° احسب الدرجة الحرارية النهائية التي سخنت اليها الحرارة النوعية للذهب (0.13 J/g.C)؟

الحل / نستخرج اولا الفرق في درجات الحرارة

$$q(J) = \varsigma\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي

$$\Delta T\,(C) = \frac{q}{\varsigma \times m} = \frac{276\,J}{0.13J/g.c \times 4.5g} = 471.8\,C$$

$$\Delta T = Tf - Ti$$

$$Tf = \Delta T + Ti = 471.8 + 25 = 496.8\,C^\circ$$

نصيحة: اذا كانت الحرارة الابتدائية او النهائية هي المجهولة اعتبر ΔT هي المجهولة

مثال اضافي3 / كتلة معينة من الفضة سخنت فارتفعت درجة حرارتها الابتدائية بمقدار 10 C° فاذا علمت ان الحرارة النوعية للفضة 0.24 J/g.C وانها امتصت حرارة مقدارها 0.24 kJ؟

جد 1) كتلة الفضة 2) السعة الحرارية للفضة.

ملاحظة: ارتفعت بمقدار يعني انها ΔT بالموجب

الحل /

1) $q(J) = \varsigma\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(^\circ C)$

$q(J) = 0.24\,kJ \times 1000j/kJ = 240\,J$

$$m(g) = \frac{240\,J}{0.24\left(\frac{J}{g}.C\right) \times 10c} = 100g$$

2) $C_{(J/C^\circ)} = \varsigma_{(J/g.C)} \times m_{(g)}$

$C(J/C^\circ) = 0.24_{(J/g.C)} \times 100_{(g)} = 24_{(J/.C)}$

مثال اضافي4 / 10g من حبيبات المغنسيوم الذي حرارته النوعية 1.02 J/g.C عند تبريدها الى 40 C° بعثت حرارة مقدارها 1.02 kJ احسب درجة الحرارة التي كانت عليها حبيبات المغنسيوم؟

واجب / الجواب 140 C°

1 -5 حرارة التفاعل (التغير في الانثالبي ΔH)

أكثر العمليات الكيميائية تجري عند **ضغط ثابت** وقليل جدا منها يحدث عند حجم ثابت لذلك فان الحرارة المصاحبة للتفاعل الكيميائي التي تجري عند ضغط ثابت يجري قياسها بشكل أسهل من عملية قياسها بحجم ثابت

التغير في الانثالبيΔH : هي دالة حالة ثرموداينمكية وخاصة شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة او المتحررة المقاسة بثبوت الضغط (الضغط الجوي) ويرمز لها بالرمز H ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها حسب العلاقة

$$\Delta Hr = \Delta H (P) - \Delta H (R)$$

انثالبي المتفاعلات - انثالبي النواتج = انثالبي التفاعل

ملاحظات مهمة جدا

- التغير في الانثالبي ΔH = حرارة التفاعل المقاسة عند ضغط ثابت أي $\Delta H = q_p$
- q_p تمثل الحرارة المقاسة تحت ضغط ثابت.
- اذا كانت (ΔH_P اصغر من ΔH_R) اي ΔHr لها قيمة سالبة يكون التفاعل باعث للحرارة.
- اذا كانت (ΔH_P أكبر من ΔH_R) اي ΔHr لها قيمة موجبة يكون التفاعل ماص للحرارة .

6-1 دالة الحالة

هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير ومن أمثلة دالة الحالة الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة .

- إن الحرارة والشغل قيمها تتغير كثيرا بتغير ظروف التجربة وبالتالي فهي لا تعتبر دوال حالة حيث انها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها التغيير.
- لا يمكن قياس القيم المطلقة لدوال الحالة وإنما يمكن قياس مقدار التغيير (Δ) لهذه الدوال .

دالة المسار : هي التي قيمتها تتغير بتغير ظروف التجربة لذا لا تعتبر دوال حالة لانها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها التغير مثل الشغل والحرارة.

7-1 الخواص العامة للمواد

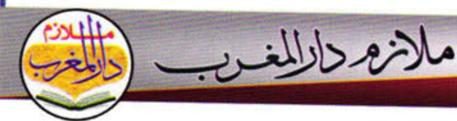
تقسم الخواص العامة للمواد الى نوعين:

1- **الخواص الشاملة** : وهي تشمل جميع الخواص التي **تعتمد** على كمية المادة الموجودة في النظام مثل السعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة.

2- **الخواص المركزة** : وهي تشمل جميع الخواص التي **لا تعتمد** على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكثافة ودرجة الحرارة والحرارة النوعية.

علل / الانثالبي يعتبر دالة حالة وهي خاصية شاملة؟

الجواب / لأنها تعتمد على كمية المادة فالتغير في انثالبي تفاعل 2mole من المادة يساوي **ضعف** التغير في انثالبي تفاعل 1mole من المادة نفسها.



8-1 الكيمياء الحرارية

علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيميائية والتغييرات الفيزيائية.

كما وضحنا سابقا ان كانت قيم ΔHr سالبة التفاعل باعث للحرارة.

اما ان كانت قيم ΔHr موجبة التفاعل ماص للحرارة.

لاحظ :

اذا اعتبرنا ان التفاعل هو النظام

فالتفاعل الباعث للحرارة(يحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط)

كما في التفاعل الكيميائي والتغيير الفيزيائي الآتيين .

تفاعل كيميائي $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + Energy$

تغير فيزيائي $H_2O_{(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + Energy$

و التفاعل الماص للحرارة(فيه يمتص النظام الطاقة الحرارية من المحيط)كما في ادناه

تفاعل كيميائي $2HgO_{(s)} + Energy \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

تغير فيزيائي $H_2O_{(s)} + Energy \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$

عندما تكتب كلمة الطاقة Energy في جهة المتفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة إما اذا كتبت في جهة النواتج فالتفاعل باعث للحرارة



9-1 قياس انثالبي التفاعل

يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) المتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط جهاز يسمى **المسعر** توضع فيه كميات معروفة من المواد المتفاعلة **يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء (معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا** بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة



ملاحظات مهمة قبل الدخول الى مسائل الرياضية الخاصة بالمسعر الحراري .

1- المادة التي تدخل في المسعر الحراري يجب ان تكون معلومة عدد المولات او معلومة الكتلة او الكتلة المولية لنستخرج عدد المولات .

2- ايجاد كمية الحرارة باستخدام العلاقة التالية اذا كانت السعة الحرارية للمسعر مهملة

$$q(J) = \varsigma(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(C)$$

واذا السعة الحرارية معطاة بالسؤال من العلاقة التالية $q(J) = C \,.\, \Delta T$

3- اذا طلب كمية الحرارة المتحررة لا بد ان تكون كمية الحرارة q قيمة سالبة حتى وان ظهرت موجبة نحولها سالبة بوضع قيمة سالبة أمامها.

4- و لأنه سيطلب في معظم الأسئلة كمية الحرارة الناتجة من احتراق مول واحد او اكثر او اقل نطبق العلاقة

mol	q
المستخرج من السؤال المعطى لمول او اكثر	المستخرج من السؤال المطلوب

5- طالما ان الحرارة الناتجة تم قياسها في المسعر المفتوح بثبوت الضغط فأنها تمثل انثالبي التفاعل ΔH.

الملخص السريع

1. ايجاد ΔT.
2. تطبيق قانون كمية الحرارة q حسب المعطيات وتحويل بالقيمة السالبة.
3. ايجاد عدد مولات المادة الداخلة في المسعر.
4. ايجاد q بوحدة J/mol باستخدام العلاقة التالية
5. تحويلها بوحدة KJ/mol بالقسمة على 1000J/KJ.

مثال 1-2 باستخدام المسعر الحراري وضعت 3g من مركب الكلوكوز كتلته المولية (180g/mole) في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 1200 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية = 21.0C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 25.5C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من الكلوكوز . علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات

$m_{المادة} = 3\ g$
$M_{المادة} = 180\ g/mol$
$m_{الماء} = 1200\ g$
$ς_{الماء} = 4.2\ J/g.C°$
$T_f = 25.5\ C°$
$T_i = 21\ C°$
$q = ?\ kJ/mol$

الحل نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 25.5 - 21.0 = 4.5\ C°$$

$$q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

$$q(J) = 4.2\,(J/g.C) \times 1200(g) \times 4.5\,(C) = 22680\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -22680\ J$

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\left(\frac{g}{mol}\right)} = \frac{3g}{180\ g/mol} = \frac{1g}{60\ g/mol} = 0.0166mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

q	mol
-22680	0.0166
X	1

$$X = \frac{-22680\ J}{0.0166\ mol} = -1366265\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q_{(kJ/mol)} = -1366265\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -1366.265 kJ/mol$$

تمرين 1-4 اذا تم حرق 3g من مركب الهيدرازين (N_2H_4) كتلته المولية (32g/mole) في مسعر مفتوح يحتوي 1000 g من الماء الحرارة النوعية للماء (4.2 J/g.C°) فان درجة الحرارة ترتفع من 24.6C° الى 28.2C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mol من الهيدرازين .علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات

$m_{المادة} = 3\ g$
$M_{المادة} = 32\ g/mol$
$m_{الماء} = 1000\ g$
$ς_{الماء} = 4.2\ J/g.C°$
$T_f = 28.2\ C°$
$T_i = 24.6\ C°$
$q = ?\ kJ/mol$

الحل / نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 28.2 - 24.6 = 3.6\ C°$$

$$q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

$$q(J) = 4.2\,(J/g.C) \times 1000(g) \times 3.6\,(C) = 15120\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -15120\ J$

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\left(\frac{g}{mol}\right)} = \frac{3g}{32\ g/mol} = 0.094mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

q	mol
-15120	0.094
X	1

$$X = \frac{-15120\ J}{0.094\ mol} = -160851\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q_{(kJ/mol)} = -160851\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -160.851 kJ/mol$$

السؤال 1-29 من اسئلة الفصل اذا تم حرق عينة كتلتها 1.5 g من حامض الخليك كتلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي 750 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 24C° الى 28C° احسب كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات
- m المادة = 1.5 g
- M المادة = 60 g/mol
- m الماء = 750 g
- ς الماء = 4.2 J/ g.C°
- T_f = 28 C°
- T_i = 24 C°
- q = ? J/mol

الحـــل نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 28 - 24 = 4\ C°$$

$$q(J) = ς\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$$

$$q(J) = 4.2\ (J/g.C) \times 750(g) \times 4\ (C) = 12600\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -12600\ J$

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{1.5g}{60\ g/mol} = \frac{15g}{600\ g/mol} = \frac{1g}{40\ g/mol}\ \ 0.025mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

q	mol
-12600	0.025
X	1

$$X = \frac{-12600\ J}{0.025\ mol} = -504000\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

السؤال 1-24 عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعـــته الحرارية الكلية تساوي 2.4 kJ/°C فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار 0.12C° , احسب التغير في الانثالبي لذلك التفاعل بوحدة J

المعطيات
- C = 0.12 kJ /C°
- ΔT = 0.12 C°
- $\Delta H_{(J)}$ = ? J

الحـــل / التغير في الانثالبي = الحرارة المقاسة في المسعر الحراري

$$\Delta H = q_p = C\ .\ \Delta T$$

$$\Delta H = 2.4\ kJ/°C \times 0.12C° = 0.288\ kJ = -0.288kJ$$

$$\Delta H_{(J)} = -0.288kJ \times 1000J/kJ = -288J$$

ملاحظة1: استخدمنا هذه العلاقة $q_p = C\ .\ \Delta T$ لانه أعطى في السؤال السعة الحرارية للمسعر ولم يعطي كتلة او حرارة نوعية

ملاحظة2: كلمة ترتفع بمقدار يعني انه اعطى ΔT مباشرة وبالقيمة الموجبة (اما اذا قال انخفضت بمقدار اي ΔT بالقيمة السالبة)

ملاحظة3: هنا اراد فقط التغير في الانثالبي وليس كمية حرارة محترقة من مول واحد من المادة.

انتبه جيدا

1. ليس دائما تكون الخطوات المسعر ثابتة ربما يعطى عدد المولات مباشرة ربما يعطي الفرق في درجات الحرارة
2. ليس دائما يطلب كمية الحرارة الناتجة من حرق مول واحد ربما اكثر من مول او حتى اقل من مول.
3. من اغلب الاسئلة المكررة لما تحول الاشارة الموجبة سالبة والسبب لان ما يحدث في المسعر احتراق وكل عمليات الاحتراق باعثة

مسائل اثرائية في المسعر

مثال اضافي5 اذا تم حرق 0.2 mol من حامض عضوي في مسعر يحتوي 1.2 Kg من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 34C° الى 36C° احسب كمية الحرارة بوحدة KJ التي تنبعث نتيجة احتراق 2mol من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة .

المعطيات
- $n_{\text{المادة}} = 0.2$ mol
- $m_{\text{الماء}} = 1.2$ Kg
- $ς_{\text{الماء}} = 4.2$ J/ g.C°
- $T_f = 36$ C°
- $T_i = 34$ C°
- q = KJ

الحـــل نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 36 - 34 = 2\ C°$$

$$m_{(\text{الماء})g} = 1.2\ Kg \times 1000\ g/kg = 1200g$$

$$q_{(J)} = ς\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$$

$$q_{(J)} = 4.2\ (J/g.C) \times 1200(g) \times 2\ (C) = 10080\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -10080$ J

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 2mol من الحامض العضوي =

q	mol
-10080	0.2
X	2

$$X = \frac{-10080\ X\ 2mol}{0.2\ mol} = -100800\ J = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q_{(kJ)} = -100800\ J \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -100.8kJ$$

مثال اضافي6 اذا تم حرق 3 g من مركب عضوي كتلته المولية (60g/mole) في مسعر يحتوي 800 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته بمقدار 6.5C° احسب كمية الحرارة بوحدة KJ التي تنبعث نتيجة احتراق 0.5mol من المركب علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة. واجب للتأكد من صحة حلك الناتج سيكون -218.4kJ



1-10 المعادلة الكيميائية الحرارية

هي المعادلة التي تعبر عن التفاعلات الكيميائية والتغييرات الفيزيائية وهي تختلف عن كتابة المعادلات الكيميائية الأخرى.

س/ ما هي الأمور التي يجب أن توضحها المعادلة الكيميائية الحرارية؟

1- اشارة التغير في الانثالبي المصاحبة للتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي اي ان تكون ذات اشارة موجبة او سالبة فالإشارة الموجبة تعني ان التفاعل ماص للحرارة كما في معادلة انصهار الجليد.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 6kJ/mol$$

وهذا يعني انه تم امتصاص حرارة مقدارها 6kJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة الممتصة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع المتفاعلات

$$H_2O_{(s)} + \Delta H = 6KJ/mol \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

اما الإشارة السالبة تعني ان التفاعل باعث للحرارة كما في التفاعل الاتي

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -890kJ/mol$$

وهذا يعني انه تم تحرر (انبعاث) حرارة مقدارها 890 KJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة المنبعثة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع النواتج

$$CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890kJ/mol$$

2- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل(علل)((بسبب ان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة)) والمثال ادناه يوضح ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -286 \ kJ/mol$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -242 \ kJ/mol$$

3- اذا تم عكس العملية فإشارة الانثالبي تتغير من الموجب الى السالب وبالعكس.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 6 \ kJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(s)} \quad \Delta H = -6 \ kJ/mol$$

4- عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي معين يجب ان تجري نفس العملية على قيمة الانثالبي.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 6 \ kJ/mol$$

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 2 \times 6 \ kJ/mol = 12kJ/mol$$

خلاصة مهمة جدا جدا ركز عليها مهمة جدا

1. اذا كان التفاعل ماص هذا يعني اما اشارة ΔH موجبة او ان كمية الحرارة توضع في جهة المتفاعلات وكمية الحرارة اما تكتب كلمة طاقة او اشارة موجب ومعه رقم و وحدة kJ او kJ/mol

2. اذا كان التفاعل باعث هذا يعني اما اشارة ΔH سالبة او ان كمية الحرارة توضع في جهة النواتج وكمية الحرارة اما تكتب كلمة طاقة او اشارة موجب ومعه رقم ومعه وحدة kJ او kJ/mol

11-1 انثالبي التفاعل القياسية

عندما يتم قياس قيمة الانثالبي عند ظروف قياسية والتي هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm تسمى القيمة القياسية الانثالبي القياسية ويرمز لها بالرمز $\Delta H°_r$.

سؤال للفائدة :- ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي أوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات؟

الجواب / الظروف القياسية في الكيمياء الحرارية هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm.
الظروف القياسية في الغــــــازات هي درجة الحرارة 0 C° (273K) وضغط 1atm.

12-1 أنواع الانثالبيات

انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$ — انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H_C°$ — انثالبي التغييرات الفيزيائية
(تبخر ΔH ، تكثيف ΔH ، انصهار ΔH ، انجماد ΔH)

1- انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$:- هي الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة باثبت صورها في الظروف القياسية (25C° وضغط 1atm).

- نعني بالعناصر باثبت صورها اي حالتها القياسية فالهيدروجين تكون حالته الغازية هي الاثبت والزئبق السائل والمغنسيوم الصلب هي الصور الاثبت لانها تمثل الحالات الموجودة تحت الظروف القياسية
- الكاربون له اكثر من صورة مثل الكرافيت (graphite) والماس (diamond) ولكن الكرافيت هي الاثبت.
- الكبريت له اكثر من صورة مثل المعيني (rhomloic) والموشوري (ortherhomloic) ولكن المعيني هي الاثبت.
- تم الاتفاق دوليا ان قيمة $\Delta H_f°$ لجميع العناصر في حالتها القياسية = صفر .وعليه اضافة الى العناصر التي مرت الكلور Cl_2 والفلور F_2 والأوكسجين O_2 والنتروجين N_2 والبروم Br_2 واليود الصلب I_2 قيمة $\Delta H_f°$ لها = صفر.

امثلة لبعض التفاعلات توضح تكوين المواد من اثبت صورها

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta Hf°(H_2O) = -286$ k J/mol

$\frac{3}{2}H_{2(g)} + 2O_{2(g)} + \frac{1}{4} P_{4(s)} \longrightarrow H_3PO_{4(s)}$ $\Delta Hf°(H_3PO_4) = -128$ kJ/mol

$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta Hf°(CO_2) = -394$ k J/mol

علل / ظهور كسور في المعادلة الحرارية؟
ج / لان المركب المتكون يجب ان يكون مول واحد لذا نلجأ لتغيير عدد مولات المواد المتفاعلة.

(مهم جدا) ان $\Delta Hf° = \Delta Hr°$ حينما يتكون مول واحد من المادة ومن عناصرها الأساسية. ولكن حينما يكون المتكون اكثر من مول فان $\Delta Hr°$ لا تساوي $\Delta Hf°$

لاحظ المثال التالي $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2HBr_{(g)}$ $\Delta Hr° = -72KJ$

عند النظر الى المعادلة نجد ان مولين من HBr قد تكون نتيجة هذا التفاعل لذا فأن نصف الحرارة اي 36 - يجب ان تبعث عند تكوين مول واحد من HBr وهذا تم استنتاجه بعد قسمة المعادلة على 2

وعليه في حال تكوين اكثر من مول وجدت علاقة بين $\Delta Hr°$ و $\Delta Hf°$ وهي كالاتي

$$\Delta H_f° = \frac{\Delta Hr°}{n_{\text{المادة المتكونة}}} \Longrightarrow \Delta Hr° = \Delta H_f° \times n_{\text{المادة المتكونة}}$$

مثال 1-3 اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية للبنزين C_6H_6 = 49KJ/mol
أكتب المعادلة الكيميائية الحرارية بحيث تكون $\Delta Hr°$ مساوية الى $\Delta Hf°(C_6H_6)$

الحل/ ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من البنزين من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية

$$6C_{(graphite)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_6H_{6(l)} \quad \Delta Hr° = \Delta Hf° = 49KJ/mol$$

تمرين 1-5 اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية (H_2SO_4) = -811KJ/mol اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta Hr°$ مساوية الى $\Delta Hf°(H_2SO_4)$

الحل ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من حامض الكبريتيك من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية

$$H_{2(g)} + S_{rhomloic} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)} \quad \Delta Hr° = \Delta Hf° = -811KJ/mol$$

مثال 1-4 اي من التفاعلات التالية تساوي قيمة الانثالبي التفاعل القياسية $\Delta Hr°$ لها قيمة انثالبي التكوين القياسية $\Delta Hf°$ للمركبات المتكونة؟

1) $4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H_r° = 1625kJ$

2) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = -394\ kJ$

3) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = 283\ kJ$

التفاعل (1) $\Delta Hr°$ لا تساوي $\Delta Hf°$ لان الناتج هو 2 مول ويجب ان يكون الناتج 1 مول.

التفاعل (2) $\Delta Hr°$ تساوي $\Delta Hf°$ لتوفر الشروط وهما تكوين مول واحد من CO_2 من عناصره الأساسية.

التفاعل (3) $\Delta Hr°$ لا تساوي $\Delta Hf°$ لان CO مركب وليس عنصر باثبت صوره .

تمرين 1-6 احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية $\Delta Hf°$ لـ (HF) = -271KJ/mol

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$$

الحل/ ان انثالبي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2 مول من HF لذا يجب ضرب قيمة $\Delta H_f°$ (HF) في 2 لنحصل على قيمة $\Delta H_r°$

$$\Delta Hr° = 2mol \times \Delta Hf° = 2mol \times -271\ kJ/mol = -542\ kJ$$

تمرين 1-7 احسب انثالبي التكوين القياسية $\Delta Hf°$ للماء بالاستعانه للتفاعل التالي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

اذا علمت ان انثالبي التفاعل القياسية = -572 KJ

الحل/

$$\Delta H_f° = \frac{\Delta Hr°}{n_{\text{المادة المتكونة}}} \qquad \Delta H_f° = \frac{-572kJ}{2mol} = -286\ kJ/mol$$

مثال اضافي7 اي من المعادلات التالية فيها $\Delta Hf^\circ = \Delta Hr^\circ$ مع بيان السبب في الحالتين

$C_{(diamond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$

الجواب / $\Delta H_f^\circ \neq \Delta H_r^\circ$ والسبب ان $C_{(diamond)}$ ليست الصورة الاثبت للكاربون

$C_{(graphite)} + O_{2(l)} \longrightarrow CO_{2(g)}$

الجواب / $\Delta H_f^\circ \neq \Delta H_r^\circ$ والسبب ان $O_{2\,(l)}$ ليست الصورة الاثبت للاوكسجين

$2C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{(g)}$

الجواب / $\Delta H_f^\circ \neq \Delta H_r^\circ$ والسبب ان 2mol من غاز CO وليس 1mol

$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$

الجواب / $\Delta H_f^\circ \neq \Delta H_r^\circ$ والسبب ان CO مركب وليس عنصر باثبت صوره

$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$

الجواب / $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$ والسبب ان المتكون مول واحد من المركب ومن عناصر باثبت صورها.

مثال اضافي8 اي من المعادلات التالية فيها $\Delta Hf^\circ = \Delta Hr^\circ$ مع بيان السبب في الحالتين واجب

$S_{(ortherhomloic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$

الجواب /

$S_{(rhomloic)} + O_{2(l)} \longrightarrow SO_{2(g)}$

الجواب /

$S_{(rhomloic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$

الجواب /

$SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow SO_{3(g)}$

الجواب /

2- انثالبي الاحتراق القياسية ΔHc° :- هي الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من اي مركب حرقا تاما في الأوكسجين في الظروف القياسية ($25C^\circ$ وضغط 1atm) ويرمز لها ΔH_c°.

إن تفاعلات الاحتراق تشمل تفاعل المواد (الوقود) مع الاوكسجين فمثلا في النظام البايلوجي حيث الغذاء هو الوقود وعند حرقه داخل الجسم تتحول المواد الكربوهيدراتية الى سكر الكلوكوز لتزويد الجسم بالطاقة.

ان احد طرق تدفئة المنازل او طبخ الطعام هي حرق غاز البيوتان حيث ان حرق مول واحد منه يحرر طاقة مقدارها 2873 kJ- من الطاقة حسب المعادلة التالية .

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)} \quad \Delta Hr^\circ = -2873 kJ/mol$$

او ان معظم السيارات تسير نتيجة لحرق الكازولين في محركاتها كما في المعادلة التالية

$$C_8H_{18(l)} + \frac{25}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -5471 kJ/mol$$

ان حرق نواتج العناصر مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها

ان حرق نواتج الاكاسيد الصغيرة مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها الاكبر

أما حرق المواد العضوية يؤدي دائما غاز ثنائي اوكسيد الكاربون و الماء السائل

ولضبط موازنة المعادلة الكيميائية لحرق المواد العضوية نتبع القاعدة التالية .

$$CxHy(\ ) + O_{2(g)} \longrightarrow XCO_{2(g)} + \frac{y}{2} H_2O_{(l)}$$

لحساب الأوكسجين نتبع ما يلي :-

1- اذا كان المركب العضوي المحترق لا يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونقسم الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$$C_7H_{14(l)} + \frac{21}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 7CO_{2(g)} + 7H_2O_{(l)}$$

2- اذا كان المركب العضوي يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونطرح منه عدد ذرات الاوكسجين الموجودة في المركب العضوي ونقسم ما تبقى من الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_4H_9OH_{(l)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)}$$

$$CH_3COOH_{(l)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

س/ ما هي شروط تساوي انثالبي الاحتراق القياسية مع انثالبي التفاعل القياسية؟

ج/ إن الشرط الأساسي لتساوي انثالبي التفاعل القياسية ΔHr° مع انثالبي الاحتراق القياسية ΔHc° هي حرق مول واحد من المادة مع كمية وافرة من الأوكسجين لذا جميع التفاعلات أعلاه $\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_c$ لأنها تمثل حرق مول واحد من المواد .

وعليه في حال اذا المحترق اكثر من مول وجدت علاقة بين ΔHr° و ΔHc° وهي كالاتي

$$\Delta H_c^\circ = \frac{\Delta Hr^\circ}{n_{\text{المادة المحترقة}}} \Longrightarrow \Delta Hr^\circ = \Delta H_C^\circ \times n_{\text{المادة المحترقة}}$$

ان جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة

مثال 1-5 اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكحول الاثيلي السائل (C_2H_5OH) اذا علمت ان $\Delta H°c = -1367 KJ/mol$ ؟

الحل /

$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ $\Delta Hc° = -1367 kJ/mol$

تمرين 1-8 اكتب تفاعل احتراق غاز البروبان (C_3H_8) علما ان $\Delta H°c = -2219 KJ/mol$

الحل /

$C_3H_{8\,(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$ $\Delta Hc° = -2219 kJ/mol$

السؤال (1-9) من أسئلة الفصل احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (Al_2O_3) والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية (Al) في التفاعل الأتي؟

$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_3$ $\Delta Hr° = -3340 kJ$

لحساب $\Delta Hf°$ (Al_2O_3) يجب ان يكون المتكون 1mol من Al_2O_3 من عناصر بأثبت صورها وعليه

$$\Delta H°f = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-3340 kJ}{2mol} = -1670\ kJ/mol$$

لحساب $\Delta Hc°$ =(Al) يجب ان يتم حرق 1mol من Al وعليه

$$\Delta H°c = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-3340 kJ/mol}{4mol} = -835\ kJ/mol$$

مثال اضافي9 احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (H_2O) وانثالبي الاحتراق القياسية (H_2) في التفاعل التالي

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H°r = -572 kJ$

لحساب $\Delta Hf°$ (H_2O) يجب ان يكون المتكون 1mol من H_2O من عناصر بأثبت صورها وعليه

$$\Delta Hf° = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-572 kJ}{2mol} = -286\ kJ/mol$$

لحساب $\Delta Hc°$ (H_2) يجب ان يتم حرق 1mol من H_2 وعليه

$$\Delta Hc° = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-572 kJ}{2mol} = -286\ kJ/mol$$

مثال اضافي10 احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (Na_2O) وانثالبي الاحتراق القياسية (Na) في التفاعل التالي (واجب)

$4Na_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Na_2O_{(s)}$ $\Delta H°r = -1240 kJ$

مثال اضافي 11 اكتب معادلة تكوين كل من

1- حامض النتريك HNO_3 2 - حامض الفسفوروز H_3PO_3 3- حامض البروبانويك CH_3CH_2COOH

4 - كلوريد البيوتيل C_4H_9Cl 5- الامونيا NH_3 بحيث ان $\Delta Hr^{\circ} = \Delta Hf^{\circ}$

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow HNO_{3(aq)}$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{4}P_{4(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_3PO_{3(aq)}$$

$$3C_{(gra)} + 3H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CH_3CH_2COOH_{(aq)}$$

المركب الرابع والمركب الخامس واجب

شنسوي بهيج اسئلة

1- نكتب المركب الي يريد تكوينه وراء السهم بدون اي عدد مولات له

2- نفصل المركب بجهة المتفاعلات الى عناصر وانتبه هناك عناصر بهيئة جزيئات وهي $N_{2(g)} - O_{2(g)} - Cl_{2(g)} - F_{2(g)} - Br_{2(g)} - I_{2(s)} - H_{2(g)} - P_{4(s)}$

3- نوازن العناصر بالمقارنة مع المركب المتكون ونصيحة بالنسبة للعناصر السبعة اعلاه اذا كانت عدد ذراتها فردي فأننا نوازنها بأخذ العدد الفردي نفسه ونضع تحته رقم 2 اما الفسفور اذا كان عدد ذراته لا يقبل القسمة على 4 نضع الرقم في المركب نفسه ونضع تحته رقم4

4- نضع الحالة الفيزيائية لكل عنصر التي يوجد فيها باثبت صورة امام العنصر

مثال اضافي 12 اكمل مع الموازنة المعادلات ادناه (تابعة لموضوع انثالبي الاحتراق القياسية) واجبات

$$C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$CH_3OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_6H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_3H_7COOH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

مثال اضافي 13 اكتب معادلة احتراق البروبانول C_3H_7OH ثم اكتب معادلة تكوينه

اولا : معادلة الاحتراق : $C_3H_7OH_{(l)} + \frac{9}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$

ثانيا : معادلة التكوين : $3C_{(gra)} + 4H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow C_3H_7OH_{(l)}$

مثال اضافي 14 اكتب معادلة احتراق البنزويك C_6H_5COOH ثم اكتب معادلة تكوينه واجب

انثالبي التغيرات الفيزيائية

1- التبخر(Vaporization):التحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية.

انثالبي التبخر:- هي الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(vap)}$

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{vap} H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 44kJ/mol$$

2- التكثيف(Condesation):التحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة.

انثالبي التكثيف:- هي الحرارة اللازمة لتكثيف مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cond)}$

$$H_2O_{(g)} \xrightarrow{cond} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(cond)} = -44kJ/mol$$

3- الانصهار(Fusion) : هي عملية التحول من الطور الصلب الى السائل

انثالبي الانصهار :- الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(fus)}$

$$H_2O_{(s)} \xrightarrow{fus} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(fus)} = 6kJ/mol$$

4- التبلور (الانجماد) (Crystallization):التحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.

انثالبي الانجماد :- هي الحرارة اللازمة لانجماد مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cryst)}$

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{cryst} H_2O_{(s)} \qquad \Delta H_{(cryst)} = -6kJ/mol$$

خلاصة مهمة جدا:

1. ان انثالبي التبخر وانثالبي الانصهار قيمة الانثالبي لهما دائما موجبة.
2. ان انثالبي التكثيف وانثالبي الانجماد قيمة الانثالبي لهما دائما سالبة
3. هناك قوانين تربط بين انثالبي التبخر وانثالبي التكثيف هي على التوالي

$$\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(cond)}$$
$$\Delta H_{(cond)} = -\Delta H_{(vap)}$$

4. هناك قوانين تربط بين انثالبي الانصهار وانثالبي الانجماد هي على التوالي

$$\Delta H_{(fus)} = -\Delta H_{(cryst)}$$
$$\Delta H_{(cryst)} = -\Delta H_{(fus)}$$

مثال 1-6 اذا علمت ان انثالبي التبخر للأمونيا تساوي 23kJ/mol احسب انثالبي التكثيف للأمونيا

الحل / معادلة التبخر للامونيا

$$NH_{3(l)} \xrightarrow{vap.} NH_{3(g)} \qquad \Delta H_{vap} = 23kJ/mol$$

وبما ان عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر اي ان

$$\Delta H_{cond} = -\Delta H_{vap} = -23kJ/mol$$

تمرين 1-9 اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك الثلجي تساوي 5.11kJ/mol احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض ؟

الحل / معادلة الانصهار لحامض الخليك الثلجي هي

$$CH_3COOH_{(s)} \xrightarrow{fus} CH_3COOH_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 5.11kJ/mol$$

وبما ان عملية الانجماد هي عكس عملية الانصهار اي ان

$$\Delta H_{cryst} = -\Delta H_{fus} = -5.11kJ/mol$$



1-13 طرائق حساب انثالبي التفاعل القياسية

اولا : – طريقة استخدام قانون هيس



هناك مركبات كيميائية لا يمكن تصنيعها مباشرة من عناصرها وذلك لأسباب عديدة منها

1ـ التفاعل يسير ببطء شديد   2ـ تكون مركبات جانبية غير مرغوبة

لذا يتم اللجوء الى قياس ΔH_r° لهذه التفاعلات بطريقة غير مباشرة. مثل طريقة هيس.

قانون هيس الذي ينص

(عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحـــــــدة او سلسلة من الخطوات)

مثال مهم لتوضيح قانون هيس

في التفاعل أدناه لا يمكن قياس الحرارة المنبعثة مباشرة عندما يتفاعل الكاربون (كرافيت) مع الاوكسجين ليكونا أحادي اوكسيد الكاربون. علل (لأنه من المستحيل منع تكون غاز ثنائي اوكسيد الكاربون)

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}=?$$

لكن يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق الكاربون (كرافيت) احتراقا تاما ليعطي CO_2 وكذلك يمكن قيــاس الحــرارة المنبعثة نتيجة احتراق غاز CO الى CO_2 حسب المعادلات

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2\,(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}= - 393.5\ kJ/mol$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2\,(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}= - 283\ kJ/mo$$

لاحظ ما الذي سنفعله للحصول على المعادلة الأصلية من هاتين المعادلتين

تبقى المعادلة الاولى كما هي ونقلب الثانية ثم نقوم بجمع المعادلتين قمية ΔHr° التي ستنتج هي القيمة للتفاعل المطلوب.

$$C_{(graphite)} + \overset{\frac{1}{2}}{\cancel{O_{2(g)}}} \longrightarrow \cancel{CO_{2\,(g)}} \qquad \Delta Hr^{\circ}= - 393.5\ kJ/mol$$

$$\cancel{CO_{2\,(g)}} \longrightarrow CO_{(g)} + \cancel{\frac{1}{2}O_{2(g)}} \qquad \Delta Hr^{\circ}= + 283\ kJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}=-110.5\ kJ/mol$$

نصائح قانون هيس

1ـ المعادلة التي مررنا بها لا نعود اليها

2ـ اذا وصلنا الى مادة (مركب او عنصر) من مواد المعادلة الهدف ووجدناه في اكثر من معادلة من المعادلات المعطاة نتركه ونذهب الى المادة التي بعده

3ـ ليس الهدف من قانون هيس العمل على جميع مواد المعادلة الهدف وانما المرور على جميع المعادلات المعطاة للحصول على المعادلة الهدف

للتذكير

1ـ عند قلب المعادلة نقلب اشارة قيمة الانثالبي.

2ـ عند ضرب المعادلة في اي رقم نضرب قيمه الانثالبي في نفس الرقم.

3ـ عند قسمة المعادلة على اي رقم نقسم قيمه الانثالبي على نفس الرقم

4ـ عند قلب المعادلة وضربها في اي رقم تقلب الاشارة وتضرب قيمه الانثالبي بنفس الرقم

5ـ وعند القلب والقسمة تقلب الاشارة وتقسم قيمة الانثالبي على نفس الرقم.

مثال (1-7) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $CS_{2(l)}$ من عناصرها الأساسية بأثبت صورها.

$$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)} \quad \Delta H_f^\circ = ? \quad kJ/mol$$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = -394$ kJ/mol

2) $S_{(rhombic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = -296$ kJ/mol

3) $CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = -1072$ kJ/mol

الحل / للحصول على المعادلة الهدف تبقى المعادلة الاولى كما هي نضرب الثانية في 2 نقلب المعادلة الثالثة.

$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = -394$ k J/mol

$2S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = -592$ k J/mol

$CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(l)} + 3O_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = 1072$ k J/mol

$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)}$ $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$ 86 k J/mol

تمرين (1-10) احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2(g)}$ من عناصرها الأساسية.

$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \quad \Delta H_f^\circ = \quad kJ/mol$$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = -394$ kJ/mol

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^\circ = -286$ kJ/mol

3) $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H2O_{(l)}$ $\Delta H_r^\circ = -2599$ kJ/mol

الحل / للحصول على المعادلة الهدف نضرب المعادلة الاولى في 2 تبقى الثانية كما هي نقلب الثالثة ونقسم على 2.

$2C_{(graphite)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = -788$ kJ/mol

$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^\circ = -286$ kJ/mol

$2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)}$ $\Delta H_r^\circ = +1299.5$ kJ/mol

$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g}$ $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$ +225.5 kJ/mol

السؤال 1-21 اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية ومن المعادلات الحرارية التالية عند حرارة 25C° وضغط 1atm

$$1)\ H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -185\ kJ$$
$$2)\ 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -484\ kJ$$

احسب ΔHr° للتفاعل الاتي

$$4HCL_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

الحـــل / قانون هيس ينص

(عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحـــدة او سلسلة من الخطوات) **فائدته** تكمن في أمكانية قياس انثالبي التفاعلات التي لا يمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطئها او لتكون نواتج جانبية.

ولإيجاد ΔH_r° للتفاعل الاتي $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

نقلب المعادلة **الأولى** ونضربها في 2 اما المعادلة **الثانية** تبقى كما هي.

$$4HCl_{(g)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = +370\ kJ$$
$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -484\ kJ$$

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -114\ kJ$$

سؤال (1-23) جد انثالبي التكوين القياسية للاثيلين C_2H_4 اذا علمت ان درجة احتراق كل من H_2 و C و C_2H_4 بوحدات kJ/mol هي على التوالي (-286 ,-394 ,-1411)

الحـــــل/ نكتب معادلة الهدف وهي تكوين غاز الاثيلين

$$2C_{(كرافيت)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_4 \qquad \Delta H_f^\circ = ?$$

ثانيا نكتب معادلات احتراق كل من H و C و C_2H_4

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta H^\circ r = -286\ KJ/mol$$
$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H^\circ r = -394\ KJ/mol$$
$$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O \qquad \Delta H^\circ r = -1411\ KJ/mol$$

وللحصول على المعادلة الاصلية تضرب المعادلة الاولى و الثانية في 2 ونقلب الثالثة

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \qquad \Delta H^\circ r = -572\ KJ/mol$$
$$2C + 2O_2 \longrightarrow 2CO_2 \qquad \Delta H^\circ r = -788\ KJ/mol$$
$$2CO_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_4 + 3O_2 \qquad \Delta H^\circ r = +1411\ KJ/mol$$

$$2C_2 + H_2 \longrightarrow C_2H_4 \qquad \Delta H^\circ r = \Delta H^\circ f = +51 kJ/mol$$

سؤال (1-28) اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CO و H_2 وCH_3OH بوحدات kJ/mol هي على التوالي (284- ,286- ,727-) احسب $\Delta H°r$ باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي

$$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$$

الحل/ نكتب معادلات الاحتراق لكل من CO و H_2 و CH_3OH

$$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H°r = -284\ KJ/mol$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta H°r = -286\ KJ/mol$$

$$CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad \Delta H°r = -727\ KJ/mol$$

وللحصول على المعادلة الاصلية تبقى المعادلة الاولى كما هي ونضرب الثانية في 2 ونقلب الثالثة

$$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H°r = -284\ KJ/mol$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \qquad \Delta H°r = -572\ KJ/mol$$

$$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \qquad \Delta H°r = +727\ KJ/mol$$

$$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH \qquad \Delta H°r = -129\ KJ/mol$$

السؤال (1-25) جد $\Delta Hf°$ لـ Fe_2O_3 من انثالبيات التفاعلات الاتية

$$2Al_2O_3(s) \longrightarrow 4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \qquad \Delta Hr° = 3340\ kJ$$

$$2Al + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow 2Fe + Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta Hr° = -853\ kJ$$

الحل/ نكتب المعادلة الهدف وهي تكوين اوكسيد الحديد الثلاثي من عناصره الاساسية باثبت صورة .

$$2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_2O_3$$

للحصول على المعادلة الهدف نقلب المعادلة الأولى ونقسمها على 2 ونقلب الثانية

$$2Al + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_{3(g)} \qquad \Delta Hr° = -1670\ kJ$$

$$2Fe + Al_2O_{3(s)} \longrightarrow 2Al + Fe_2O_{3(s)} \qquad \Delta Hr° = +853\ kJ$$

$$2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_2O_3 \qquad \Delta Hr° = -817\ kJ$$



الاثرائيات الخاصة بموضوع هيس

مثال اضافي15 احسب انثالبية التكوين القياسية ΔH_f° لغاز CO اذا علمت ان حرارة تفكك CO_2 هي $+394\ KJ/mole$ وان حرارة التفاعل الاتي $\Delta Hr^\circ = -283KJ$ لـ $CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$.

الحل/

المعادلة الهدف

$$C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_{(g)}$$

المعادلات المعطاة

معادلة تكون غاز CO_2 $\Delta H^\circ r = +394\ kJ/mol$ $CO_2 \longrightarrow C + O_2$

المعادلة التالية $\Delta H^\circ r = -283\ kJ/mol$ $CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$

للحصول على المعادلة الهدف تقلب المعادلة الاولى ونقلب الثانية ايضا

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -394\ kJ/mol$$

$$CO_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = +283\ kJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -111\ kJ/mol$$

مثال اضافي16 احسب قيمة التغير في المحتوى الحراري اللازمة لتحول مول واحد من الماس الى الكرافيت اذا علمت ان انثالبي الاحتراق للماس = $-395.4\ kJ/mol$ و ان انثالبي الاحتراق للكرافيت = $-393.5\ kJ/mol$

الحل / نكتب معادلة احتراق مول واحد لكل من الماس والكرافيت

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta Hr^\circ = \Delta Hc^\circ = -395.4\ kJ/mol$$

$$C_{(graphit)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta Hr^\circ = \Delta Hc^\circ = -393.5\ kJ/mol$$

للحصول على معادلة تحول الماس الى كرافيت تبقى المعادلة الاولى كما هي ونقلب الثانية

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta Hr^\circ = -395.4\ kJ/mol$$

$$CO_2 \longrightarrow C_{(graphit)} + O_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = +393.5\ kJ/mol$$

$$C_{(dimond)} \longrightarrow C_{(graphit)} \qquad \Delta Hr^\circ = -1.9\ KJ/mol$$

مثال اضافي 17 يحترق البيوتان C_4H_{10} فيعطي CO_2 وسائل الماء ويبعث حرارة مقدارها -2878 kJ/mol بينما يحترق ليعطي CO_2 وبخار الماء ويبعث حرارة مقدارها -2658 kJ/mol. احسب حرارة تبخر الماء.

الحل/ نكتب معادلة الاحتراق المعطاة في السؤال

$$C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{2}O_{2\,(g)} \longrightarrow 4CO_{2\,(g)} + 5H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = -2878\ kJ/mol$$

$$C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -2658\ kJ/mol$$

المعادلة الهدف هي حرارة تبخر الماء والتبخر هو التحول من السائل الى بخار الماء (الغاز)

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$$

للحصول على المعادلة الهدف تقلب المعادلة الاولى وتقسم على 5 والمعادلة الثانية تقسم على 5

$$\frac{4}{5}CO_{2\,(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow \frac{1}{5}C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{10}O_{2\,(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = +575.6\ kJ/mol$$

$$\frac{1}{5}C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{10}O_{2\,(g)} \longrightarrow \frac{4}{5}CO_{2\,(g)} + H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -531.6\ kJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = 44\ kJ/mol$$

مثال اضافي 18 اذا علمت ان حرارة الاحتراق لغاز الايثان C_2H_6 = -1600 kJ/mol و ان حرارة الاحتراق لغاز الاثلين C_2H_4 = -1440 kJ/mol وان ΔHr° للتفاعل الاتي $H_2 + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ = -286 kJ/mol احسب ΔHr° للتفاعل التالي $C_2H_{4\,(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)}$

الحل/

المعادلة الهدف

$$C_2H_{4\,(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)}$$

المعادلات المعطاة 1) معادلة احتراق غاز الايثان.

$$C_2H_{6\,(g)} + \frac{7}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = \Delta Hc^\circ = -1600kJ/mol$$

2) معادلة احتراق غاز الاثلين.

$$C_2H_{4\,(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = \Delta Hc^\circ = -1440kJ/mol$$

3) المعادلة المعطاة

$$H_2 + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -286kJ/mol$$

للحصول على المعادلة الهدف تقلب المعادلة الاولى وتبقى الثانية والثالثة كما هي.

$$2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)} + \frac{7}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = +1600kJ/mol$$

$$C_2H_{4\,(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = -1440kJ/mol$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_{2\,(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -286kJ/mol$$

$$C_2H_{4\,(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -126kJ/mol$$

مثال اضافي19 جد انثالبي التكوين القياسية لسكر الكلوكوز $C_6H_{12}O_6$ اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من H_2 و C و $C_6H_{12}O_6$ بوحدات kJ/mol هي على التوالي (286 - ,394- ,2808-)

الحـــــل/ نكتب معادلة الهدف وهي تكوين غاز سكر الكلوكوز

$$6C_{(كرافيت)} + 6H_{2(g)} + 3O_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 \qquad \Delta H_f^\circ = ?$$

ثانيا نكتب معادلات احتراق كل من H_2 و C و $C_6H_{12}O_6$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_C^\circ = -286\ kJ/mol$$

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_C^\circ = -394\ kJ/mol$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_C^\circ = -2808\ kJ/mol$$

وللحصول على المعادلة الاصلية نضرب المعادلة **الاولى** في 6 و **الثانية** في 2 ونقلب **الثالثة**

$$6H_2 + 3O_2 \longrightarrow 6H_2O \qquad \Delta H_r^\circ = -1716\ kJ/mol$$

$$6C + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 \qquad \Delta H_r^\circ = -2364\ kJ/mol$$

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \qquad \Delta H_r^\circ = +2808\ kJ/mol$$

$$6C_{(كرافيت)} + 6H_{2(g)} + 3O_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 \qquad \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ = -1272\ kJ/mol$$

مثال اضافي20 جد انثالبي التكوين القياسية لكحول المثيل C_2H_5OH اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من H_2 و C و C_2H_5OH بوحدات kJ/mol هي على التوالي (286 - ,394- ,1367-)

الحـــــل/ واجب سيكون الناتج -279KJ/mol

ثانيا :-طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية

يمكن استخدام قيم ΔH_f° لحساب ΔH_r° باستخدام العلاقة التالية

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(Products)} - \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(Reactants)}$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب ΔH_r° للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta H_r^\circ = [\,g\Delta H_f^\circ(G) + h\Delta H_f^\circ(H)\,] - [a\Delta H_f^\circ(A) + b\Delta H_f^\circ(B)]$$

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى حل مسائل استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية.

1. لابد من التذكير ان هناك عناصر بأثبت صورها ΔH_f° لها = صفر.
   مثل $H_{2(g)}$ و $O_{2(g)}$ و $N_{2(g)}$ و $Br_{2(l)}$ و $I_{2(s)}$ و $Cl_{2(g)}$ و $F_{2(g)}$ و $Al_{(s)}$ .... الخ.
2. أفضل طريقة لحل المسألة رياضيا هي ان ننهي ناتج كل طرف بدقة ثم نقوم بعملية طرح الطرف الاول من الثاني.
3. ربما يعطي ΔH_r° للتفاعل ويعطي ΔH_f° لإطراف المعادلة مع إبقاء عنصر او مادة مجهولة الـ ΔH_f°.
4. اذا كان الطرف الثاني ناتجه سالب فتصبح العملية الطرف الاول + الطرف الثاني كما موضح
   [الطرف الثاني] + [الطرف الاول] = [الطرف الثاني -] - [الطرف الاول]

مثال 8-1 يجري تفاعل الثرميت وفق المعادلة التالية.

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)} \quad kJ=?$$

احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل اذا علمت ان

$\Delta H_f^\circ\ Fe_2O_{3(s)} = -822\ kJ/mol$ $\Delta Hf^\circ\ Al_2O_{3(s)} = -1670\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ\ Fe_{(l)} = 12\ kJ/mol$

الحـــل/

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [\Delta H_f^\circ(Al_2O_{3(s)}) + 2\Delta H_f^\circ(Fe_{(l)})] - [2\Delta H_f^\circ(Al_{(s)}) + \Delta H_f^\circ(Fe_2O_{3(s)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-1670) + (2 \times 12)] - [(2 \times 0) + (-822)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -1670 + 24 + 822 = -1670 + 846 = -824\ kJ$$

يمكن عدم كتابة هذه الخطوة ولا يحاسب الطالب وزاريا وهذا ما ستلاحظه في الاسئلة القادمة

تمرين 11-1 يحترق البنزين (C_6H_6) في الهواء ليعطي غاز CO_2 والماء السائل أحسب ΔH_r° لهذا التفاعل اذا علمت

$\Delta Hf^\circ(C_6H_{6(l)}) = 49\ k\ J/mol$ $\Delta Hf^\circ\ CO_{2\ (g)} = -394\ k\ J/mol$ $\Delta Hf^\circ(H_2O_{(l)}) = -286k\ J/mol$

الحـــل / معادلة احتراق البنزين السائل هي.

$$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [6(-394) + 3(-286)] - [(49) + (\tfrac{15}{2} \times 0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -2364 - 858 - 49 = -3271\ kJ/mol$$



سؤال 1-16 احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(l)}$.

$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(l)} + 2N_2O_{5(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -180kJ$$

$\Delta H_f^\circ(P_4O_{10(s)}) = -2984\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ(HNO_{3(l)}) = -174\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ(N_2O_{5(l)}) = -43kJ/mol$

الحـــــل/

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(P)} - \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(R)}$$

$$-180 = [4X + (2 \times -43)] - [(-(2984) + (4 \times -174)]$$

$$-180 = 4X - 86 + 2984 + 696$$

$$-4X = -86 + 2984 + 696 + 180$$

$$-4X = -86 + 3860 \longrightarrow -4X = 3774$$

$$X = \frac{3774}{-4} = -943.5\ kJ/mol = \Delta H_f^\circ\ HPO_{3(l)}$$

سؤال 1-19 في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلينC_2H_2(M=26g/mol) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق = 130 kJ احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت.

$\Delta Hf^\circ(H_2O) = -286\ kJ/mol$ $\Delta Hf^\circ(CO_2) = -393.5\ kJ/mol$

الحـــــل/ نجد اولا قيمة كمية الحرارة المنبعثة من مول واحد من الاستيلين داخل المسعر والتي = $\Delta H^\circ r$

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{2.6g}{26\ g/mol} = 0.1\ mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الاستيلين =

q	mol
-130	0.1
X	1

$$X = \frac{-130\ kJ}{0.1\ mol} = -1300kJ/mol$$

نكتب الان معادلة احتراق الاستيلين

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \quad H_2O_{(l)}$$

$$\Delta Hr^\circ = \sum n\Delta Hf^\circ(P) - \sum n\Delta Hf^\circ(R)$$

$$-1300 = [(2 \times -393.5) + (-286)] - [(X) + (0)]$$

$$-1300 = -787 - 286 - X$$

$$X = -787 - 286 + 1300 \longrightarrow X = -1073 + 1300$$

$$X = 227\ kJ/mol = \Delta Hf^\circ C_2H_2$$

ملاحظات عن هذا السؤال :-

1- مطلوب السؤال يريد انثالبي التكوين القياسية للاستيلين وهذا يستخرج بطريقتين الاولى اما عن طريق تعريف انثالبي التكوين القياسية وهذا صعب لان المعادلة ليست من عناصر اولية والمتكون اكثر من مول .

او عن طريق استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية بالاعتماد على انثالبي التفاعل القياسية وهذا يتطلب امرين

اولا :- ايجاد انثالبي التفاعل القياسية وسيتم استخراجها بالاعتماد على معلومات المسعر.

ثانيا :- معادلة للتفاعل وسيتم كتابتها بالاعتماد على احتراق الاستيلين .

2- تم استخراج كمية حرارة المسعر المنبعثة بوحدة كيلو جول لكل مول واحد بخطوتين لان كمية الحرارة معطاة بالسؤال وبوحدة الكيلو جول وبذلك الغيت الخطوة الاولى والثانية والخامسة.

نصيحة اذا وجدت في سؤال ΔHf° لمركب ما مجهولة وهناك ΔHf° لمركبات اخرى في نفس السؤال معلومة فاستخدم القانون

$$\Delta Hr^\circ = \sum n\Delta Hf^\circ(P) - \sum n\Delta Hf^\circ(R)$$



مثال اضافي21 احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب لكحول المثيل CH_3OH اذا علمت ان حرارة احتراق مول واحد منه = -726.5 kJ/mol علما ان

$\Delta Hf°(CO_2) = -393.5$ kJ/mol $\qquad \Delta Hf°(H_2O) = -286$ kJ/mol

الحل/ نكتب معادلة احتراق كحول المثيل بما ان الحرق لمول واحد يمكن القول $\Delta Hr° = \Delta Hc°$

$$CH_3OH_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta Hc° = \Delta Hr° = -726.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta Hr° = \sum n\Delta Hf°(P) - \sum n\Delta Hf°(R)$$

$$-726.5 = [(1 \times -393.5) + (2 \times -286)] - [(X) + (0)]$$

$$-726.5 = -393.5 - 572 - X$$

$$X = -393.5 - 572 + 726.5 \Longrightarrow X = -965.5 + 726.5$$

$$X = -239 \text{ kJ/mol} = \Delta Hf°\ CH_3OH$$

مثال اضافي22 في مسعر حراري وضع $3.2g$ من الميثان$CH_4$$(M=16g/mol)$ فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق = 178 kJ احسب انثالبي التكوين القياسية للميثان اذا علمت.

$\Delta Hf°(CO_2) = -394$ kJ/mol $\qquad \Delta Hf°(H_2O) = -286$ kJ/mol

الحل/ واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج يجب ان يكون: -76kJ/mol



1- 14العمليات التلقائية

هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي ومن الأمثلة عليه.

- سقوط الماء من أعلى الشلال ولكن صعوده أليه مستحيل.
- انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد ولكن عكس العملية صحيح.
- ذوبان قطعة السكر في كوب من القهوة ولكن السكر المذاب لا يتجمع تلقائيا كما في شكله الابتدائي.
- انـجماد الماء تلقائيا تحت $0C°$ وينصهر الجليد تلقائيا فوق $0C°$.
- يصدأ الحديد تلقائيا عندما يتعرض للأوكسجين والرطوبة ولكن صدأ الحديد لا يمكن ان يتحول تلقائيا الى الحديد .

س/ ما هو السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائيا؟

ان احد الأجوبة الأكثر قبولا هو ان جميع العمليات التلقائية يرافقها **انخفاض في طاقة النظام الكلية**
اي الطاقة **النهائية** اقل من الطاقة **الابتدائية** للنظام.
لذا يلاحظ ان اغلب التفاعلات التي يرافقها انخفاض في الطاقة اي الانثالبي كما في حالات التفاعل الباعثة للحرارة تحدث تلقائيا عند الظروف القياسية مثل أحتراق الميثان.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -890kJ$$

س/ هل ان كل تفاعل تلقائي هو باعث للحرارة

ج/ كلا و لسبب بسيط هو انه هناك تغيرات فيزيائية وكيميائية تحدث تلقائيا وتكون ماصة للحرارة .
مثل انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة عملية تلقائية رغم انها ماصة للحرارة.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 6kJ$$

اغلب عمليات التفكك والتحلل والانصهار تحدث تلقائيا بدرجات الحرارة العالية.
مما تقدم يمكن القول انه التفاعلات **الماصة** و **الباعثة** للحرارة ممكن ان تحدث **تلقائيا** او ان تكون غير **تلقائية** بمعنى اخر لا يمكننا ان نقرر التفاعل تلقائي هو **باعث** او **ماص** للحرارة ولعمل هذا النوع من التوقع نحتاج الى حالة ثرموداينمكية جديدة تسمى **الانتروبي** (S).

15-1 الانتروبي (S)

هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية او لا انتظام النظام الثرموداينمكي ويرمز لها بالحرف (S).

- ان سبب إدخال دالة الحالة الانتروبي للتنبؤ بتلقائية التفاعل.
- كلما كان الانتظام قليلا في النظام (عشوائية اكبر) كانت قيمة الانتروبي كبيرة والعكس صحيح.
- ان الانتروبي دالة حالة شانها شان الانثالبي لذا لا يمكن قياس القيم المطلقة لها وانما يقاس التغير الحاصل في الانتروبي.

$$\Delta S = S_f - S_i$$

حيث S_f الانتروبي النهائية S_i الانتروبي الابتدائية

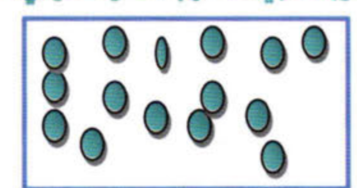
- ان جميع التفاعلات الكيميائية والتحولات الفيزيائية السابقة والتي تجري بشكل تلقائي يرافقها دائما زيادة في الانتروبي

بشكل عام (أحفظ)

انتروبي الحالة الغازية دائما أكبر من انتروبي الحالة السائلة الذي هو اكبر من انتروبي الحالة الصلبة.

بعض الحالات التي تؤدي الى زيادة الانتروبي للنظام.

- في عملية الانصهار للمواد الصلبة تكون الذرات او الجزئيات في الحالة الصلبة محصورة في مواقع ثابتة وعند الانصهار فان هذه الذرات او الجزيئات تبدأ بالحركة لذا تتحرك خارج الشبكة البلورية مما يزيد من عشوائيتها.
- في عملية التبخر للحالة السائلة تؤدي الى زيادة الانتروبي أيضا وهي اكبر بكبير من تلك الزيادة في عملية الانصهار بسبب ان الذرات والجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي أكثر لملئ الفراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه.





صلب   سائل   غاز

زيادة في العشوائية

خلاصة مهمة جدا جدا

- عند التحول من الصلب الى السائل تزداد الانتروبي + ΔS ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام
- عند التحول من السائل الى البخار تزداد الانتروبي + ΔS ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام.
- عند ذوبان صلب او سائل في مذيب وتكون محلول تزداد الانتروبي. ذوبان غاز يقل الانتروبي.
- التسامي زيادة في الانتروبي. يعني كل تسخين زيادة كل تبريد يقل الانتروبي
- كل تسخين زيادة في الانتروبي كل تبريد يقل الانتروبي
- اذا كانت عدد مولات الناتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات زيادة في الانتروبي واذا كانت اقل يقل الانتروبي
- عند زيادة الضغط يقل الانتروبي (لماذا).
- في تفاعل ما كان نفس عدد المولات في النواتج والمتفاعلات فالطرف الذي فيه عدد أكثر من المواد هو الذي يكون فيه زيادة في الانتروبي مثل التفاعل ادناه $2HBr_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + Br_{2(g)}$
- نلاحظ ان عدد المولات في الطرفين متساوي لكن هناك زيادة في انتروبي النواتج لان عدد موادها أكثر

مثال 1-9 تنبأ اذا كان التغير في الانتروبي ΔS أكبر او اقل من الصفر للعمليات التالية؟

أ) تجمد كحول المثيل.
الانجماد تحول من سائل الى صلب وبالتالي انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر ($\Delta S < 0$)

ب) تبخر سائل البروم
التبخر تحول من سائل الى غاز وبالتالي انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

جـ) ذوبان الكلوكوز في الماء.
ذوبان الكلوكوز تحول من صلب الى سائل وبالتالي انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

د) تبريد غاز النتروجين من $80C°$ الى $20C°$
كل تبريد انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر ($\Delta S < 0$)

تمرين 1- 12 كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات التالية.

أ) تكثيف بخار الماء.
التكثف تحول من غاز الى سائل وبالتالي انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر ($\Delta S < 0$)

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع.
التبلور تحول من سائل الى صلب وبالتالي انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر ($\Delta S < 0$)

جـ) تسخين غاز الهيدروجين من $20C°$ الى $80C°$.
كل تسخين انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

د) تسامي اليود الصلب.
التبخر تحول من صلب الى غاز وبالتالي انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

سؤال 1-17 ماذا تعني العملية التلقائية ثم أعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية.

الجواب / هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي.

ومن الامثلة على التلقائية 1ـ سقوط الماء من أعلى الشلال 2ـ ذوبان قطعة السكر في الماء.

ومن الامثلة على غير التلقائية 1ـ تسلق قمة جبل ايفرست 2ـ تجمع السكر الى شكله الابتدائي.

حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية

يمكننا علم الثرموداينمك من حساب قيمة الانتروبي المطلقة التي سيكون رمزها $S°$ لجميع العناصر والمركبات والتي يمكن استخدامها لقياس التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta S_r°$ من العلاقة التالية.

$$\Delta S_r° = \sum n\Delta S°_{(Products)} - \sum nS°_{(Reactants)}$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب $\Delta S_r°$ للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta S_r° = [\, gS°(G) + hS°(H)\,] - [aS°(A) + bS°(B)]$$

مثال 1-10 احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta Sr°$ للتفاعل التالي في الظروف القياسية $25C°$ وضغط 1atm؟

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

اذا علمت ان

$S°(CO) = 198$ J/K.mol $S°(O_2) = 205$ J/K.mol

$S°(CO_2) = 214$ J/K.mol

الحـــل/

$$\Delta Sr° = \sum nS°(Products) - \sum nS°(Reactants)$$
$$\Delta Sr° = [\,2S°(CO_2)\,] - [\,2S°(CO) + S°(O_2)]$$
$$\Delta Sr° = [\,(2 \times 214)\,] - [\,(2 \times 198) + 205]$$
$$\Delta Sr° = (428) - (601) = -173 \text{ J/K.mol}$$

تمرين 1-13 احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta Sr°$ للتفاعل التالي في الظروف القياسية $25C°$ وضغط 1atm؟

$$4FeO_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

اذا علمت ان

$S°(Fe_2O_3) = 87$ J / K .mol $S°(O_2) = 205$J/

$S°(FeO) = 27$ J / K .mol

الحـــل/

$$\Delta Sr° = \sum nS°(Products) - \sum nS°(Reactants)$$
$$\Delta Sr° = [\,(2 \times 87)\,] - [\,(4 \times 27) + (3 \times 205)] =$$
$$\Delta Sr° = (174) - (108 + 615) = 174 - 723 = -549 \text{ J/k.mol}$$



1-16 طاقة كبس الحرة (G).

وجد العالم كبس علاقة تربط بين الانثالبي(H) والانتروبي (S) تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل بشكل ابسط من الاعتماد على استخدام قيم الانثالبي والانتروبي. ولذا يمكن تعريفها بالشكل التالي

طاقة كبس الحرة(G) : هي دالة حالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانتروبي والانثالبي.

ان التغير في طاقة كبس الحرارة يمثل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

اما كيف تعد مؤشرا لتلقائية التفاعل من إشارتها وبالصورة الآتية

1. ΔG قيمة سالبة ($\Delta G < 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي تلقائي.
2. ΔG قيمة موجبة ($\Delta G > 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي غير تلقائي.
3. ΔG صفر ($\Delta G = 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة اتزان.

1-16-1 طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل ($\Delta Gr°$).

سؤال 1-34 عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وما هي وحداتها؟

الجواب / هي مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول من اي مركب من عناصره الأساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية عند حرارة 25C° وضغط 1atm ويرمز لها $\Delta G_f°$ ووحداتها kJ/mol

ويمكن أيجاد قيم طاقة كبس الحرة للتفاعل القياسية بمعادلة تشبه معادلة أيجاد انثالبي التفاعل القياسية.

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f°_{\ (Products)} - \sum n\Delta G_f°_{\ (Reactants)}$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب $\Delta G_r°$ للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta G_r° = [\ g\Delta G_f°\ (G) + h\Delta G_f°\ (H)\ ] - [a\Delta G_f°\ (A) + b\Delta G_f°\ (B)]$$

مثال 1-11 احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟ ملاحظة في اسئلة طاقة كبس الحرة يجب ذكر التفاعل تلقائي ام لا حتى وان يطلب ذلك في السؤال

$$2C_6H_{6(l)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$\Delta G_f°\ C_6H_{6(l)} = 173$ k J/mol , $\Delta G_f°\ CO_{2(g)} = -394$ k J/mol , $\Delta G_f°\ H_2O_{(l)} = -237$ k J/mol

الحــــل/ نستخدم العلاقة التالية

$$\Delta Gr° = \sum n\Delta Gf°_{\ (P)} - \sum n\Delta Gf°_{\ (R)}$$

$$\Delta Gr° = [(12 \times -394) + (6 \times -237)\ ] - [\ (2 \times 173) + 15 \times 0)\ ]$$

$$\Delta Gr° = [(-4728) + (-1422)] - [346] = -6496 \text{ k J/mol}$$

القيمة سالبة التفاعل تلقائي

تمرين 1-14 احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

$\Delta G_f^\circ\ NO_{(g)} = 87\ kJ/mol$ $\Delta Gf^\circ\ NO_{2\ (g)} = 52\ kJ/mol$

الحـــــــل/نستخدم العلاقة التاليه:-

$$\Delta Gr^\circ = \sum n\Delta Gf^\circ\ (P) - \sum n\Delta Gf^\circ\ (R)$$

$$\Delta Gr^\circ = [(2 \times 52)] - [(2 \times 87) + (0)]$$

$$\Delta Gr^\circ = [104] - [174] = -70\ kJ/mol$$

بما انه القيمة سالبة اذا يجري التفاعل بشكل تلقائي

تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية

تعد معادلة كبس مهمة جدا عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية وذلك لان استخدام قيم ΔG تغنينا عن اخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي والانتروبي.

س/ ما هي اكثر عاملين يضمنان تلقائية التفاعل.

1- طاقة الانثالبي اقل ما يمكن اي قيمة ΔH سالبة اي تفاعل باعث.

2- طاقة الانتروبي اعلى ما يمكن اي قيمة ΔS موجبة (والسبب لانه ΔS توجد ضمن الحد($T\Delta S$) لذا اذا كانت قيمتها أعلى من ΔH ستصبح قيمة ΔG سالبة اي التفاعل تلقائي)

س/ متى لا يكون لدرجة الحرارة تأثير على تلقائية التفاعل.

ج / في التفاعل الباعث العشوائي دائما التفاعل تلقائي مهما كانت درجة الحرارة

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$\Delta G = - - (+) = - - = -$ دائما

هذه عملية جمع وليس ضرب وسالب + سالب = سالب

س/ متى لا يكون لدرجة الحرارة تأثير على عدم تلقائية التفاعل.

ج / في التفاعل الماص المنتظم دائما التفاعل غير تلقائي مهما كانت درجة الحرارة

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$\Delta G = + - (-) = + + = +$ دائما

ملاحظات أخرى قبل الدخول في الأسئلة الخاصة بكبس

1. للتذكير ΔG سالبة التفاعل تلقائي ΔG موجبة التفاعل غير تلقائي.
2. عمليات الانصهار – التبخر (الغليان) – التسامي عمليات ماصة للحرارة اي ΔH موجبة وهي أيضا عمليات تزداد فيها العشوائية اي ΔS موجبة.
3. عمليات الانجماد (التبلور) - التكثيف (الندى) هي عمليات باعثة للحرارة اي ΔH سالبة وايضا عمليات تقل فيها العشوائية اي ΔS سالبة.
4. حينما يقول مسبب انخفاض درجة حرارة المحلول اي العملية ماصة. والعكس باعثة .
5. ذوبان صلب أو سائل زيادة الانتروبي ΔS موجبة وعلى الأغلب هي عمليات ماصة.
6. ذوبان غاز يقل الانتروبي ΔS سالبة وهي عمليات باعثة.
7. عملية تحلل تفكك (ماصة - عشوائية) الاندماج (باعثة تقل العشوائية).
8. أهم نقطة هو انه سواء قال العملية تلقائية او غير تلقائية نحن نفترض حدوثها لكن ان قال تلقائية يجب أثبات ΔG قيمة سالبة وان قال لا تتم او غير تلقائية يجب إثباتها موجبة.

السؤال 39 من اسئلة الفصل علل ما يأتي وفق علاقة كبس

1- عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية.

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اكبر}} = -$

2- لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اصغر}} = +$

3. يذوب غاز SO_2 في الماء ويبعث حرارة عالية.

ج/ العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$- \; - (-) = - +_{\text{اصغر}} = -$

4. لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بالحرارة الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اصغر}} = +$

5. تفكك اوكسيد الزئبق II تلقائي دائما بدرجات الحرارة العالية

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اكبر}} = -$

6 - يتجمد الماء تلقائيا بدرجات الحرارة المنخفضة

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$- - (-) = - +_{\text{اصغر}} = -$

7- يتحلل الاوزون الى الاوكسجين بدرجات الحرارة الاعتيادية.

ج / يتحلل الاوزون وفق المعادلة التالية

$2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_{2(g)}$

العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة .(حالة خاصة)

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$(-) - (+) = - \; - = -$

التفاعل تلقائي في جميع درجات الحرارة

8. بعض الاملاح تذوب تلقائيا بالرغم انه عملية ذوبانها تصاحبها امتصاص بالحرارة

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اكبر}} = -$

مثال اضافي 23 تعاليل اضافية وفق علاقة كبس

1- عملية تبخر سائل البروم تلقائية بالحرارة العالية.

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اكبر}} = -$

2- عملية الندى عملية تلقائية في فصل الشتاء

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$- - (-) = - +_{\text{اصغر}} = +$

3. عدم سقوط الامطار صيفيا

ج/ العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$- \quad - (-) = - +_{\text{اكبر}} = +$

4. لا ينصهر الحديد بالحرارة الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اصغر}} = +$

6. لا ينصهر الجليد بالحرارة المنخفضة (واجب)

6. يسيل غاز النتروجين بالتبريد. (واجب)

7. لا ينصهر الثلج في درجات الحرارة المنخفضة. (واجب)

8. سقوط الامطار تلقائيا بالحرارة المنخفضة . (واجب)

يمكن استخدام علاقة كبس اذا تم قياس قيمة ΔHr° و ΔSr° للتفاعل عند الظروف القياسية $25C^\circ$ وضغط 1atm على الصورة الآتية.

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

سؤال 6-1 جد قيمة $\Delta G^\circ r$ للتفاعل الاتي

$$2CO_{(g)} + O_2 \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية

$\Delta H^\circ_f (CO) = -110.5$ kJ/mol $\Delta H^\circ_f (CO_2) = -393.5$ kJ/mol

$S^\circ (CO) = 198$ J/K.mol $S^\circ (CO_2) = 214$ J/K.mol $S^\circ (O_2) = 205$ J/K.mol

الحـــــل/

نـجد اولا قيمة $\Delta H^\circ r$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (P) - \sum n\Delta H_f^\circ (R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2\Delta H_f^\circ CO_{2(g)})] - [(2\Delta H_f^\circ CO_{(g)}) + (\Delta H_f^\circ O_{2(g)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2 \times -393.5)] - [(2 \times -110.5) + (0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = (-787) - (-221) = -787 + 221 \quad -566 \text{ k J/mol}$$

ثم نـجد قيمة $\Delta S^\circ r$

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ (\text{Products}) - \sum nS^\circ (\text{Reactants})$$

$$\Delta S_r^\circ = [2S^\circ (CO_2)] - [2S^\circ (CO) + S^\circ(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r^\circ = (428) - (601) = -173 \text{ J/K.mol}$$

نحول الان قيمة $\Delta S^\circ r$ بوحدة k.J/K.mol

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K. mol}) = -173 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000 J} = -0.173 \text{ k.J/K. mol}$$

$$T_{(K)} = t(c^\circ) + 273 \quad 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -566 \text{ kJ/ mol} - (298 \text{ K} \times -0.173 \text{ k.J/K. mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = -566 \text{ kJ/ mol} - (-51.554 \text{ kJ/ mol}) = -514.4 \text{ kJ/ mol}$$

بما ان قيمة ΔG_r° سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

سؤال 1- 22 للتفاعل التالي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

أحسب قيمة $\Delta Sr°$ للتفاعل بوحدات J/K.mol

علما ان $\Delta G°f\ (H_2O) = -228KJ/mol$ $\Delta H°f\ (H_2O) = -242KJ/mol$

الحـــل/

نستخرج قيمة $\Delta H°r$ للتفاعل

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f°\ (P)\ - \sum n\Delta H_f°\ (R)$$
$$\Delta H_r° = [\ (2\Delta H_f°\ H_2O)]\ \ - [(2\Delta H_f° H_2)\ \ +(\ \Delta H_f° O_2)]$$
$$\Delta H_r° = [(2\ x\ \ -242)]\ \ - [\ (0)\ \ + (0)] = -\ 484\ kJ/mol$$

نستخرج قيمة $\Delta G°r$ للتفاعل

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f°\ (P)\ - \sum n\Delta G_f°\ (R)$$
$$\Delta G_r° = [\ (2\Delta G_f°\ H_2O)]\ \ - [(2\Delta G_f° H_2)\ \ +(\ \Delta G_f° O_2)]$$
$$\Delta HG_r° = [(2\ x\ -228)]\ \ - [\ (0)\ \ + (0)] = -\ 456\ kJ/mol$$

نحول درجة الحرارة من $C°$ الى K

$$T_{(K)} = t(c^o)\ + 273\ \ 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$T\Delta S°r = \Delta H_r° - \Delta G°r$$

$$\Delta S°r = \frac{\Delta Hr° - \Delta G°r}{T}$$

$$\Delta S°r = \frac{-484KJ/mol + 456KJ/mol}{298\ K}$$

$$\Delta S°r = \frac{-\ 28\ Kl/mol}{298\ K} = -\ 0.094\ kJ/K.mol$$

$$\Delta S°r_{(J/K.mol)} = 0.094kJ/K.mol\ x\ 1000\ J/kJ = -94J/K.mol$$

انتبه جيدا وفرق بين $\Delta H°_f$ و $\Delta H°_r$ ونفس الامر ينطبق على $\Delta G°f$ و $\Delta G°r$

للتذكير قيم الانثالبي والطاقة الحرة للعناصر في حالتها القياسية =0

مثال 1-12 للتفاعل الأتي : $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

بالاستعانة بالمعلومات التالية.

المادة	$\Delta H_f°$ kJ/ mol	S° J/K. mol
$C_2H_5OH_{(l)}$	-278	161
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	-394	214
$H_2O_{(l)}$	-286	70

أحسب أ) $\Delta Hr°$ ب) $\Delta Sr°$ ج) $\Delta Gr°$ عند الظروف القياسية.

الحل

أ) حساب $\Delta Hr°$

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (Products) - \sum n\Delta H_f° (Reactants)$$
$$\Delta H_r° = [2\Delta H_f°(CO_2) + 3\Delta H_f°(H_2O)] - [\Delta H_f° (C_2H_5OH) + 3\Delta H_f°(O_2)]$$
$$\Delta H_r° = [(2 \times -394) + (3 \times -286)] - [-278 + (3 \times 0)]$$
$$\Delta H_r° = [(-788) + (-858)] - [-278] = -1368 \text{ kJ/ mol}$$

ب) حساب $\Delta Sr°$

$$\Delta S_r° = \sum nS° (Products) - \sum nS° (Reactants)$$
$$\Delta S_r° = [2S°(CO_2) + 3S°(H_2O)] - [S° (C_2H_5OH) + 3S°(O_2)]$$
$$\Delta S_r° = [(2 \times 214) + (3 \times 70)] - [161 + (3 \times 205)]$$
$$\Delta S_r° = [(428) + (210)] - [161 + 615$$
$$\Delta S_r° = (638) - (776)] = -138 \text{ J/K. mol}$$
$$\Delta S_r° \text{ (kJ/K. mol)} = -138 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000\,J} = -0.138 \text{ k.J/K. mol}$$

ج) حساب $\Delta Gr°$ نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T_{(K)} = t(c^o) + 273 \quad 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = -1368 \text{ kJ/ mol} - (298K \times -0.138 \text{ k.J/K. mol})$$
$$\Delta G_r° = -1368 \text{ kJ/ mol} - (-41.124 \text{ kJ/ mol}) = -1327 \text{ kJ/ mol}$$

بما ان قيمة $\Delta Gr°$ سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

تمرين 13-1 احسب ΔGr° للتفاعل الأتي عند الظروف القياسية

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

حيث تم حساب قيمة ΔH_r° وكانت تساوي -3536 kJ/ mol

وكذلك تم حساب ΔS_r° وكانت = 374 J/K. mol

الحـــل/ اولا نحول وحدات ΔSr° الى k.J/K. mol

$$\Delta S_r^\circ \text{ (kJ/K. mol)} = 374 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000\,J} = 0.374 \text{ k.J/K. mol}$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T_{(K)} = t(c^\circ) + 273 \quad 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536 \text{ kJ/ mol} - (298K \times 0.374 \text{ k.J/K. mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536 \text{ kJ/ mol} - (111.425 \text{ kJ/ mol}) = -3647.425 \text{ kJ/ mol}$$

تمرين (1-14) اذا كان لدينا التفاعل الأتي / واجـــــب

$$HCOOH \longrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$$

فاذا كانت قيمة ΔHr° تساوي 16 kJ/ mol

والتغير في الانتروبي ΔSr° = 234 J/K. mol

احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية وهل التفاعل تلقائي ام غير تلقائي

الجواب / للتأكد من الحل سيكون الناتج 53.7kJ/mol-

مثال اضافي24 في التفاعل الأتي $HCOOH_{(l)} \rightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$ فإذا كانت قيمة $\Delta Hr° =$ 16 KJ/mole و $\Delta S°r= 234$ J/k.mole وان $\Delta Gf°$ CO= -137KJ/mole و $\Delta Gf°$ لسائل الماء تساوي -237KJ/mole ، احسب مقدار الطاقة الحرة للتكوين القياسية $\Delta Gf°$ لحامض الفورميك HCOOH عند 25C° وتحت ضغط (1atm) .

الحـــــل / نحول قيمة $\Delta S°r$ بوحدة k.J/K.mol

$$\Delta S_r° \text{ (kJ/K. mol)} = 234 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000\,J} \; 234 \text{ k.J/K. mol}$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T(K) = t_{(C°)} + 273 = 25 + 273 = 298K$$

نـجد الان طاقة كبس الحرة القياسية.

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = 16 \text{ kJ/ mol} - (298 \text{ K} \times 0.\,234 \text{ k.J/K. mol})$$

$$\Delta G_r° = 16 \text{ kJ/ mol} - (69.732 \text{ kJ/ mol}) = -53.732 \text{ kJ/ mol}$$

$$\Delta Gr° = \sum n\Delta Gf° (P) - \sum n\Delta Gf° (R)$$

$$-53.732 = [(-137) + (-237)] - [(X)]$$

$$X = -137 - 237 + 53.723 = -374 + 53.732 = -320.268$$

مثال اضافي25 احسب مقدار التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta Sr°$ للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$

اذا علمت ان قيم $\Delta Hf°$ بوحدات kJ/mole لـ (CO_2=-393.5, CO=-110.5)

وان قيم $\Delta Gf°$ بوحدات kJ/mole لـ (CO_2=-394,CO=-137) .

الحـــــل/ واجب وللتأكد من صحة الحل سيكون الناتج/ -174J/K.mol



سؤال (1-11) تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتية

$$CaCO_{3\,(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2\,(g)}$$

قيمة $\Delta S^\circ_r = 160\ J/K.mol$ فاذا علمت ان ΔH°_f لكل من CO_2 و CaO و $CaCO_3$ هي على التوالي بوحدات kJ/mol $(-393.5\ ,\ -635\ ,\ -1207)$ جد

1) ΔH°_r للتفاعل ثم ارسم مخطط الطاقة.

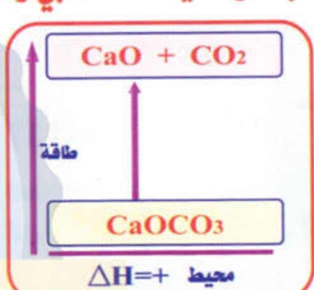
2) ΔG°_r للتفاعل.

3) درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي.


جـ

1) نجد اولا قيمة الانثالبي ومخطط الطاقة

$$\Delta H^\circ_r = \sum n\ \Delta H^\circ_f\ (P) - \sum n\ \Delta H^\circ_f\ (R)$$
$$\Delta H^\circ_r = [(\Delta H^\circ_f\ CaO) + (\Delta H^\circ_f\ CO_2)] - [(\Delta H^\circ_f\ CaCO_3)]$$
$$\Delta H^\circ_r = [(-635) + (-393.5)] - [(-1207)]$$
$$\Delta H^\circ_r = (-1028.5) + (1207) = 178.5\ kJ/mol$$



2) ايجاد قيمة ΔG°_r

نحول اولا الان قيمة ΔS°_r بوحدة $kJ/K.mol$

$$\Delta S^\circ_r\ (kJ/K.\ mol) = 160\ J/K.\ mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.16\ kJ/K.\ mol$$

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r$$
$$\Delta G^\circ_r = 178.5\ kJ/mol - (298\ K \times 0.16\ kJ/K.mol)$$
$$\Delta G^\circ_r = 178.5\ kJ/mol - (47.68\ kJ/mol) = 130.82\ kJ/\ mol$$

3) لإيجاد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل تلقائي

نفرض التفاعل متوازن حيث ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r \rightarrow T = \frac{\Delta H^\circ_r}{\Delta S^\circ_r}$$

$$T = \frac{178.5\ kJ/mol}{0.16\ kJ/K.mol} = 1115.6\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى أكثر 1115.6 من لكي يصبح التفاعل تلقائي.

تمرين (1-17)

للتفاعل الغازي الاتي

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$



1) احسب ΔGr^o مبينا هل يحدث التفاعل ام لا ولماذا.

2) احسب ΔHr^o مبينا هل يحدث التفاعل ماص ام باعث للحرارة ولماذا.

3) احسب ΔSr^o مبينا هل يحدث التفاعل يتحول الى حالة اكثر انتظام ام اقل ولماذا.

علما ان ΔG_f^o و ΔH_f^o ل NO_2 هي على التوالي (52 و 43) مقاسة بوحدات kJ/mol

سؤال (1-7) للتحول الاتي $H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(S)}$ وجد ان $\Delta H = 6kJ$ و Δs 22J/K.mol بين رياضيا مع ذكر السبب في اي درجة حرارة يكون تحول الجليد الى سائل تلقائيا عند 250 K ام عند 300K

الحل / نجد ΔG عند 250K

اولا نحول ΔS الى وحدات الكيلو جول

$$\Delta S_r^\circ (kJ/K.\ mol) = 22\ J/K.\ mol \times \frac{1KJ}{1000\,J} = 0.022\ k.J/K.\ mol$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G_r^\circ = -6\ kJ/\ mol - (250K \times 0.022\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r^\circ = (6-5.5) = 0.5\ kJ/mol$$ الاشارة موجبة التحول غير تلقائي

نجد ΔG عند 300K

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G_r^\circ = -6\ kJ/\ mol - (300K \times 0.022\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r^\circ = (6-6.6) = -0.6\ kJ/mol$$ الاشارة موجبة التحول تلقائي

سؤال (1-14) التفاعلات الاتية عند 25 C°

$$CCl_{4(l)} + H_{2(g)} \longrightarrow HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -91kJ \quad \Delta G_r^\circ = -103.72kJ$$

$$3Fe_2O_3 \longrightarrow 3Fe_2O_3 + \frac{1}{2}O_2 \quad \Delta H_r^\circ = 235.8kJ \quad \Delta G_r^\circ = -195.7kJ$$

على فرض ان ΔHr° و ΔSr° لكلا التفاعلين لا تتغير عند درجة الحرارة جد

1. ΔG_r° للتفاعل الاول عند 65 C°

حل فرع أ- عند حرارة 65C°

نستخرج قيمة ΔSr° عند حرارة 25C° وبما انها قيمة ثابتة نعوض نفس القيمة في حرارة 65C°

نحول درجة الحرارة الى وحدات الكلفن

$$T(K) = 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta Gr^\circ = \Delta Hr^\circ - T\Delta S\ r^\circ$$

$$T\Delta S\ r^\circ = \Delta Hr^\circ - \Delta Gr^\circ$$

$$\Delta S\ r^\circ = \frac{\Delta Hr^\circ - \Delta Gr^\circ}{T}$$

$$\Delta S\ r^\circ = \frac{(-91)-(-103.72)}{298} = 0.042kJ.K$$

الان نجد قيمة ΔGr° عند 65C°

$$T(K) = 65 + 273 = 338\ K$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = -91 - (338 \times 0.042)$$

$$\Delta G = -91 - (14) = -105kJ$$

2. ΔGr° للتفاعل الثاني عند 1000K

حل فرع أ- عند حرارة 65C°

نستخرج قيمة ΔSr° عند حرارة 25C° وبما انها قيمة ثابتة نعوض نفس القيمة في حرارة 1000K

نحول درجة الحرارة الى وحدات الكلفن

$$T(K) = 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta Gr^\circ = \Delta Hr^\circ - T\Delta S\ r^\circ$$

$$T\Delta S\ r^\circ = \Delta Hr^\circ - \Delta Gr^\circ$$

$$\Delta S\ r^\circ = \frac{\Delta Hr^\circ - \Delta Gr^\circ}{T}$$

$$\Delta S\ r^\circ = \frac{(253.8)-(-195.7)}{298} = 0.134kJ.K$$

الان نجد قيمة ΔGr° عند 1000

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 235.8 - (1000 \times 0.134)$$

$$\Delta G = 235.8 - (134) = -101.8kJ$$

سؤال (1-15) للتفاعل $2O_3 \longrightarrow 3O_2$ عند 25C° وضغط 1atm

قيمة S° لـ O_2 = 205J/K.mol و S° لـ O_3 = 239J/K.mol

وقيمة ΔGf° لـ O_3 = 163/kJ/mol احسب ΔHf° لـ O_3

الحـــل/

اولا نستخرج ΔS_r°

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ(\text{Products}) - \sum nS^\circ(\text{Reactants})$$

$$\Delta S_r^\circ = [2S^\circ(O_3)] - [3S^\circ(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(2 \times 239)] - [(3 \times 205)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(478)] - [615] = -137 \text{ J/K. mol}$$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K. mol}) = -137 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000J} = -0.137 \text{ k.J/K. mol}$$

نستخرج قيمة ΔG°_r للتفاعل

$$\Delta G_r^\circ = \sum n\Delta G_f^\circ(P) - \sum n\Delta G_f^\circ(R)$$

$$\Delta G_r^\circ = [(2\Delta G_f^\circ O_3)] - (3\Delta G_f^\circ O_2)]$$

$$\Delta G_r^\circ = [(2 \times 163)] - [(0)] = 326 \text{ kJ/mol}$$

نجد درجة الحرارة بوحدات الكلفن

$$T(K) = t(C^\circ) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

نستخرج قيمة ΔH°_r للتفاعل

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta H_r^\circ = \Delta G^\circ r + T\Delta S^\circ r$$

$$\Delta H_r^\circ = 326 + (298 \times -0.137)$$

$$326 - 40.8 = 285.2 \text{ kJ/mol}$$

الان نجد انثالبي التكوين القياسية للاوزون بالاعتماد على هذا القانون

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2\Delta H_f^\circ O_3)] - [(3\Delta H_f^\circ O_2)]$$

$$285.2 = [(2X)] - [(0)]$$

$$285.2 = 2X$$

$$X = \frac{285.2}{2} = 142.6 \text{ kJ/mol}$$





17-1 حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية

درجة حرارة الانصهار (Tm): هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها الصلبة الى السائلة.

درجة حرارة الغليان (Tb): هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها السائلة الى الغازية.

ان معادلة الانصهار تكون بالشكل $\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$ حيث fus تعني انصهار و T_m درجة الانصهار.

ومعادلة التبخر (الغليان) تكون بالشكل $\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_m}$ حيث vap تعني تبخر و T_b درجة الغليان.

علاقة تروتن: هي علاقة وجدها العالم تروتن حيث وجد ان لأغلب السوائل قيمة ثابتة للأنتروبي ($\Delta S = 85$ J/K.mol) علل لوجود تشابه في حركة جزيئات السوائل وتركيبها وحركة ابخرتها وبذلك تصبح معادلة الغليان بالشكل الاتي:

$$85 \text{ J/K.mol} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

مثال (1-13) احسب انثالبي التبخر ΔH_{vap} للهكسان عند الاتزان بوحدة kJ/mol اذا علمت ان درجة غليانه = 69°C ؟

جـ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T(K) = T(°C) + 273 = 69 + 273 = 342 \text{ K}$$

$$85 \text{ J/K.mol} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

استخدمنا هذه العلاقة لعدم وجود انتروبي تبخر في السؤال ولكن في حالة وجود انتروبي او يكون مجهول نبتعد عن هذه العلاقة ونطبق العلاقة الاصلية $\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$

$$\Delta H_{vap} = 85 \text{ J/K.mol} \times 342 \text{ K} = 29070 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_{vab} (\text{J/mol}) = 29070 \text{ J/mol} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 29.07 \text{ kJ/mol}$$

تمرين (1-15) احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

عند درجة غليان 100°C علما ان $\Delta H^\circ_{vap} = 44$ kJ/mol

جـ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T(K) = T(°C) + 273 = 100 + 273 = 373 \text{ K}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{44 \text{ kJ/mol}}{373 \text{ K}} = 0.118 \text{ kJ/K.mol}$$

$$\Delta S_{vap} = 0.118 \text{ kJ/K.mol} \times 1000 \text{ J/kJ} = 118 \text{ J/K.mol}$$



سؤال (1 - 26) ما قيمة ΔS لانصهار الجليد بوحدات J/K.mol اذا علمت ان انثالبية التكوين القياسية للماء تساوي -286kJ/mol و انثالبية التكوين القياسية للماء تساوي -292 kJ/mol

الحل / معادلة تكوين سائل الماء معادلة رقم 1

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta Hr° = -286kJ/mol$$

معادلة تكوين الجليد معادلة رقم 2

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O_{(s)} \quad \Delta Hr° = -292kJ/mol$$

معادلة انصهار الجليد

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

وللحصول على معادلة انصهار الجليد تبقى المعادلة الاولى كما هي ونقلب المعادلة الثانية

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta Hr° = -286kJ/mol$$

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_2 \quad \Delta Hr° = +292kJ/mol$$

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta Hr° = +6 kJ/mo$$

$$T = t_{(C)}° + 273 = 0+273 = 273 K$$

$$\Delta Sfus = \frac{\Delta Hfus}{Tm}$$

$$\Delta Sfus = \frac{6 kJ/mol}{273K} = 0.022kJ/K.mol$$

$$\Delta Sfus J/K.mol = 0.022kJ/K.mol \times 1000J/kJ = 22J/K.mol$$

مثال اضافي 26 اذا علمت ان انثالبي التبخر ΔH_{vap} لمركب عضوي عند الاتزان يساوي 34kJ/mol احسب درجة غليانه بوحدات الكلفن عند الاتزان

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$T_b = \frac{\Delta H_{vap}}{\Delta S_{vap}}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{85 J/K.mol}{1000J/kJ} = 0.085 kJ/K.mol$$

$$T_b = \frac{34kJ/mol}{0.085 kJ/K.mol} = \frac{34000kJ/mol}{085 kJ/K.mol} = 400 K$$

مثال اضافي 27 اذا علمت ان انثالبي التبخر ΔH_{vap} لمركب عضوي عند الاتزان يساوي 51000J/mol احسب درجة غليانه بوحدات السيليزي عند الاتزان

الحـــل/ واجب ولن تعطى قيمة الناتج لانها فكرة السؤال

حل اسئلة الفصل الاول

1-1 / اختر الجواب الصحيح مع بيان السبب بوضوح

١- يتفاعل فلز الصوديوم مع الماء ويكون محلول هيدروكسيد الصوديوم مع انبعاث حرارة فان

أ- $\Delta G > 0$ ب- $\Delta S > 0$ ج- $\Delta H > 0$

الجواب /فرع ب/ لان تحول الصوديوم من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة تزاد العشوائية وبالتالي تكون قيمة ΔS موجبة وبالتالي اكبر من الصفر .

٢- يتسامي الجليد تلقائيا عندما تكون

1- $T\Delta S > \Delta H$ 2- $T\Delta S < \Delta H$ 3- $T\Delta S = \Delta H$

ج / 1 العملية تلقائية ΔG سالبه.

2- العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

3 العملية تحول من النظام الى اللانظام ايΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH او يمكن القول الحد ΔH < من الحد $T\Delta S$

وعليه الجواب الصحيح فرع أ

٣- عند زيادة الضغط على غاز في اناء مغلق بدرجة حرارة ثابتة فان قيمة ΔS تصبح

أ- موجبة ب- سالبة ج - صفر

الجواب/فرع ب/لان بزيادة الضغط تقل المساحة السطحية للجزيئات وبالتالي تقل العشوائية وتصبح القيمة سالبة

٤- تفاعل ما غير تلقائي حيث قيمة $\Delta H > T\Delta S$ لجعله تلقائي نقترح

أ- تبريد التفاعل ب - تسخين التفاعل ج- لا يمكن جعله تلقائي

الجواب/ فرع ب / تسخين التفاعل لان بتسخين التفاعل ستصبح قيمة $\Delta H < T\Delta S$ وبالتالي يصبح تلقائي.

٥- اذا كان تفاعل ما باعثا للحرارة وتصاحبه زيادة في الانتروبي فانه يكون

أ- تلقائي ب- غير تلقائي ج - متزن

الجواب/ فرع أ/ حسب العلاقة التالية

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $\Delta G = (--) - (+) = --$

٦- للتفاعل الغازي الاتي

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

فان قيمة ΔS° للتفاعل :-

أ- صفر ب - موجبة ج- سالبة

الجواب /فرع ج / لان عدد المولات قل من 4 الى 2 وبالتالي قلت العشواية واصبحت قيمة الانتروبي سالبة

سؤال13 / ما المقصود بالتعابير الاتية

الكيمياء الحرارية:ـ علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيميائية والتغييرات الفيزيائية

عملية باعثة للحرارة : هي العملية التي تصاحبها تحرر حرارة من النظام الى المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي سالبة.

عملية ماصة للحرارة : هي العملية التي يصاحبها امتصاص حرارة للنظام من المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي قيمة موجبة.

سؤال18 / ماذا تعني داله الحالة ج/ راجع الملزمة ص 12

سؤال19 / لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية.

الجواب / لان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل.

سؤال20 / ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية. ما وحدات هاتين الكميتين.

الحرارة النوعية	السعة الحرارية
هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة	هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة
وحداتها ($J/g.C^{\circ}$) ويرمز لها (ς)	وحداتها (J/C°) ويرمز لها (C)
هي من الخواص المركزة.	هي من الخواص الشاملة.

سؤال21 / ما الفرق بين الخواص الشاملة والخواص المركزة.

الخواص الشاملة	الخواص المركزة
هي تلك الخاصية التي تعتمد على كمية المادة في النظام	هي تلك الخاصية التي لا تعتمد على كمية المادة في النظام
من الامثلة عليها الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة	من الامثلة عليها الكثافة والحرارة.

قصة الجراح الباكستاني والمرأة العجوز من أروع القصص

خرج الطبيب الجراح الشهير الباكستاني الدكتور إيشان docteur ichane على عجل إلى المطار للسفر من أجل المشاركة في مؤتمر علمي دولي الذي سيلقى فيه تكريما على إنجازاته المهمة في علم الطب ، وفجأة وبعد نصف ساعة طيران أعلن قائد الطائرة أن الطائرة أصابها عطل كبير بسبب صاعقة قوية وسوف تهبط الطائرة إضطراريا على أقرب مطار ، بعد الهبوط توجه الدكتور إلى مكتب إستعلامات المطار وصاح غاضبا : أنا طبيب عالمي كل دقيقة عندي تساوي أرواح ناس وأنتم تريدون مني أن أبقى ١٦ ساعة أنتظر في طائرة أخرى؟ أجابه الموظف : يا دكتور إدا كنت في عجلة من أمرك يمكنك إستئجار سيارة فرحلتك لا تبعد عن المطار سوى ٣ ساعات بالسيارة وافق د/إيشان على مضض وأخد السيارة وظل يسير وبعد مدة وفجأة تغير الجو وبدأ المطر يهطل بغزارة وأصبح من العسير أن يرى أي شيء أمامه وظل يسير وبعد ساعتين أيقن أنه ضل طريقه وأحس بالتعب ورأى أمامه على حافة الطريق كوخا أعزل توقف عنده وطرق الباب فسمع صوت إمرأة كبيرة تقول له :تفضل بالدخول كائنا من كنت فالباب مفتوح ،دخل وطلب من العجوز المقعدة أن يستعمل تليفونها ضحكت العجوز وقالت : أي تليفون ياولدي ؟ ألا ترى أين أنت؟ هنا لا كهرباء و لاتليفونات ولكن تفضل وإسترح وخد لنفسك فنجان شاي ساخن وهناك بعض الطعام كل حتى تسترد قوتك ، شكر د/إيشان المرأة وأخد يأكل بينما كانت العجوز تصلي وتدعي وإنتبه فجأة إلى طفل صغير نائم بلا حراك على سرير قرب العجوز وهي تهزه بين كل صلاة وصلاة ، إستمرت العجوز طويلا في الصلاة و الدعاء فتوجه إليها قائلا : والله قد أخجلني كرمك ونبل أخلاقك وعسى الله أن يستجيب لك دعواتك ، قالت العجوز : ياولدي أما أنت إبن سبيل أوصى بك الله وأما دعواتي فقد أجابها الله سبحانه وتعالى كلها إلا واحدة ،فقال لها د/إيشان : وماهي تلك الدعوة ؟ قالت : هذا الطفل الذي تراه هو حفيدي يتيم الأبوين ، أصابه مرض عضال عجز عنه كل الأطباء عندنا ، وقيل لي أن جراحا كبيرا قادر على علاجه يقال له الدكتور إيشان ولكنه يعيش بعيدا عن هنا ولا طاقة ولا مال لي بأخد الطفل إلى هناك وأخشى أن يشقى المسكين فدعوت الله أن يسهل أمري .....بكى د/إيشان بغزارة وقال : والله إن دعائك قد عطل الطائرات وضرب الصواعق وأمطر السماء كي يسوقني إليك سوقا والله ماأيقنت أن الله عزوجل يسوق الأسباب هكذا لعباده المؤمنين بالدعاء ، الدكتور تكفل بعلاج الطفل على عاتقه إلى أن شفي تماما وإشترى بيتا لائقا للعجوز و الطفل وصرف من حسابه معاشا شهريا لهما ، الطفل كبر وهو يدرس الآن ويعيش بسلام مع العجوز ،الدكتور إيشان يروي هده القصة في كل الملتقيات التي يحضرها ، أبطال القصة الثلاثة أحياء إلى يومنا هذا ويعيشون كلهم في باكستان.

سبحان الله وبحمده سبحان الله العظيم.

Notes



مُهَنَّد علي السُّوداني



الفصل الثاني

الاتزان الكيميائي

ملازم دار المغرب

07702729223

الفصل الثاني الاتزان الكيميائي

2 -1 التفاعلات غير الانعكاسية والتفاعلات الانعكاسية

التفاعل الكيميائي : هو عملية تتحول فيها مادة واحدة او اكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة التي تفاعلت في البداية.

تقسم التفاعلات الكيميائية حسب اتجاه التفاعل الى

1- **التفاعلات غير الانعكاسية** (التامة): وهي التفاعلات الكيميائية والتي يتم فيها استهلاك احد او جميع المواد المتفاعلة استهلاكا تاما ولا يمكن للمواد الناتجة القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها مثل أحتراق بنزين السيارات.

أمثلة على تفاعلات غير انعكاسية:

$$NaOH + HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O$$

2- **التفاعلات الانعكاسية** (غير التامة): وهي التفاعلات التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة أخرى (غير التامة)

أمثلة على تفاعلات انعكاسية:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$$

او تغيرات فيزيائية مثل تبخر الماء (في نظام مغلق).

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

2 -2 التفاعلات الانعكاسية و حالة الاتزان

كما وضحنا ان اغلب التفاعلات الانعكاسية تستمر باتجاهين متعاكسين بظروف التفاعل نفسها مثلا عند ظروف مناسبة يتفاعل غاز H_2 مع غاز N_2 لتكوين غاز الامونيا في بداية هذا التفاعل يكون التفاعل أمامي سريعا وهو تفاعل سريع يرمز R_f باتجاه تكوين الامونيا بمرور الوقت وبزيادة تركيز الامونيا تتحلل الامونيا الناتجة لتكوين غاز الهيدروجين والنتروجين بسرعة مقدارها R_b (سرعة التفاعل الخلفي) يستمر كل التفاعلين بالاتجاهين المتعاكسين حتى يصل التفاعل الى حالة معينة تتساوى عندها سرعتي التفاعل الامامي والخلفي ($R_f = R_b$) فيصل التفاعل الى حالة تدعى بحالة الاتزان الكيمائي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

حيث k_f تمثل ثابت سرعة التفاعل الأمامي و K_b تمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي

- تظهر التفاعلات التي تصل حالة اتزان انها توقف لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة في الاتجاهين وعليه يعرف الاتزان الكيميائي بالتعريف ادناه

الاتزان الكيميائي : هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان ستاتيكي(ساكن) اي ان التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الأمامي والخلفي بالمقدرة والسرعة ذاتها.

2 –3 التفاعلات الانعكاسية المتجانسة وغير المتجانسة

التفاعلات الانعكاسية المتجانسة : – هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور واحد وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة :ـ هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور مختلف وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

4-2 حالة الاتزان وقانون فعلة الكتلة

عند خلط مول واحد من غاز الهيدروجين مع مول واحد من غاز اليود في اناء التفاعل لتكوين غاز يوديد الهيدروجين عند 445C ° فالمفروض ان يتكون 2 مول من غاز يوديد الهيدروجين.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

لكن وجد عمليا ان الخليط في حالة الاتزان الديناميكي يحتوي 78% من غاز يوديد الهيدروجين و11% من غازي اليود والهيدروجين وبالعكس ايضا اذا سخن غاز HI يعطي الخليط نفس النسب.

اي هناك علاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتراكيز المواد تعرف بقانون فعل الكتلة

قانون فعل الكتلة : عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في اي اتجاه كان تتناسب طرديا مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة والناتجة مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعـــــادلة الكيميائية الموزونة

وعند تطبيق قانون فعل الكتلة وللتفاعل اعلاه

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل الخلفي رياضيا وحسب قانون فعل الكتلة كالاتي

$$R_f = K_f\ [N_2]\ [H_2]^3$$

$$R_b = K_b\ [NH_3]^2$$

5-2 ثابت الاتزان

اشتقاق معادلة ثابت الاتزان

لنفرض لدينا التفاعل الانعكاسي المتزن الاتي.

$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الأمامي نـجد ان

$$R_f = K_f [A]^a[b]^b \longrightarrow (1)$$

اما عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الخلفي نـجد ان

$$R_b = K_b [G]^g[H]^h \longrightarrow (2)$$

عند حصول الاتزان فان سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي وعليه

$$K_f [A]^a[b]^b = K_b [G]^g[H]^h \longrightarrow (3)$$

وبترتيب معادلة 3 يمكن الحصول على العلاقة التالية.

$$\frac{K_f}{K_b} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \longrightarrow (4)$$

ان قسمة ثابت قيمة k_f على قيمة ثابت k_b هو مقدار ثابت اخر يعرف بثابت الاتزان K_{eq} لذا تصبح معادلة 4 بهذا الشكل

$$K_{eq} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \longrightarrow (5)$$

س/ عرف ثابت الاتزان K_{eq}

ثابت الاتزان Keq : هو النسبة بين ثابت تناسب سرعة التفاعل الأمامي وثابت تناسب سرعة التفاعل الخلفي.

$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b}$$

ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_c	ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_p
حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.	حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.
$K_c = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \quad (6)$	$K_p = \frac{P_G^g \times P_H^h}{P_A^a \times P_B^b} \quad (7)$

مثال (2 -1) للتفاعل المتزن الاتي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

وجد ان ثابت سرعة التفاعل الأمامي K_f يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان K_{eq}

الحل/

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

تمرين (2 -1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي له K_b = 0.02 احسب ثابت سرعة التفاعل الأمامي K_f

الحل/

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} \longrightarrow K_f = K_{eq} \times K_b$$

$$K_f = 4.24 \times 0.02 = 0.0848$$

مثال اضافي1 تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له K_{eq} يساوي 6.2 وثابت سرعة التفاعل الامامي له K_f = 3.1 احسب ثابت سرعة التفاعل الخلفي له K_b

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} \longrightarrow K_b = \frac{K_f}{K_{eq}}$$

$$K_b = \frac{3.1}{6.2} = 0.5$$

ملاحظات مهمة جدا جدا.

- في التفاعلات ثابت الاتزان Kc يهتم فقط بالمواد الغازية والمحاليل المائية و لا يهتم بالمواد الصلبة والسائلة اذا وجدنا تراكيز مواد صلبة او غازية نهمل وجودها لان تراكيزها ثابتة =1M ولكن ان كانت النواتج كلها صلبة او سائلة نضع في البسط 1 اما اذا كانت المتفاعلات كلها صلبة او سائلة فيصبح الثابت عبارة عن عملية ضرب فقط
- في التفاعلات ثابت الاتزان Kp يهتم فقط بالمواد الغازية و لا يهتم بالمواد الصلبة والسائلة والمحاليل المائية اذا وجدنا تراكيز مواد صلبة او غازية او محاليل مائية نهمل وجودها لان ضغوطها ثابتة =1atm ولكن ان كانت النواتج كلها صلبة او سائلة او محاليل مائية نضع في البسط 1 اما اذا كانت المتفاعلات كلها صلبة او سائلة او محاليل مائية فيصبح الثابت عبارة عن عملية ضرب فقط

مثال عام 1 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزيئية.

$$2A_{(g)} + 3B_{(l)} \rightleftharpoons C_{(aq)} + 3D_{(s)}$$

$$K_c = \frac{[C]}{[A]^2} \qquad K_p = \frac{1}{P_A^2}$$

وضع 1 في البسط لان النواتج عبارة عن مواد صلبة ومحاليل مائية فقط

مثال عام 2 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزيئية.

$$2A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(aq)} + 2D_{(g)}$$

$$K_c = \frac{[C][D]^2}{[A]^2[B]^2} \qquad K_p = \frac{P_D^2}{P_A^2 \times P_B^2}$$

تمرين (2-2) اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية والضغوط الجزيئية للتفاعلات التالية

$$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$$

$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$$

$$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$$

$$H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$$

$$2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

$$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

رقم التفاعل	K_c	K_p
الاول	$K_c = \frac{[O_2][CO]^2}{[CO_2]^2}$	$K_p = \frac{P_{CO}^2 \text{ X } P_{O2}}{P_{CO2}^2}$
الثاني (واجب)		
الثالث	$K_c = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]}$	$K_p = \frac{P_{COCl_2}}{P_{CO} \text{ X } P_{Cl2}}$
الرابع(واجب)		
الخامس	$K_c = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$	$K_p = \frac{P_{SO2}^2}{P_{O2}^3}$
السادس	$K_c = \frac{[C_6H_5COO^-][H+]}{[C_6H_5COOH]}$	(لان جميع المحاليل مائية)1
السابع(واجب)		

2-6 حساب ثابت الاتزان

هناك 4 أنواع من المسائل لحساب ثابت الاتزان.

النوع الاول : - تكون جميع تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة معلومة حيث يتم تعويض هذه القيم في علاقة ثابت الاتزان للتفاعل المعين عند درجة حرارة ثابتة

كيف نعرف انه نوع اول
1. يعطي جميع التراكيز المولارية او جميع الضغوط الجزيئية عند الاتزان ويطلب الثابت.
2. يعطي قيمة الثابت وجميع التراكيز او الضغوط النهائية مع بقاء واحد مجهول يكون مطلب

سؤال 2 . 12 التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2\,(g)}$$

عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزئية = 1. 6atm لغاز NO_2 و0.4atm لغاز N_2O_4 عند حرارة 100C°

1. احسب قيمة KP   2- ماذا يحدث للضغوط الجزيئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد.

الحل/

$$K_p = \frac{P_{NO2}^2}{P_{N2O4}}$$

$$K_p = \frac{(1.6)^2}{0.4} = 6.4$$

2) عند اضافة العامل المساعد فان الضغوط الجزيئية لا تتأثر لان العامل المساعد يقلل من زمن وصول التفاعل الى حالة الاتزان ولا يؤثر لا على حالة الاتزان ولا على ثابت الاتزان (هذا الموضوع ياتي لاحقا في لي شاتليه)

مثال اضافي 2 للتفاعل التالي

$$2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

اذا علمت ان ثابت الاتزان = 8 وان تراكيز كل من الاستيلين 0. 4M والميثان0.02M عند الاتزان جد تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان

الحل

$$K_c = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH4]^2}$$

$$[H_2]^3 = \frac{[Kc][CH_4]^2}{[C_2H_2]}$$

$$[H_2]^3 = \frac{[8][0.02]^2}{[0.4]} = \frac{[8][0.0004]}{[0.4]}$$

$$[H_2]^3 = \frac{8 X 4 X 10^{-4}}{4 X 10^{-1}} = 8 \times 10^{-3}$$ نأخذ الجذر التكعيبي

$$[H_2] = 2 x 10^{-1} = 0.2 M$$

النوع الثاني : - تكون قيمة ثابت الاتزان معلومة وتعطى تراكيز او ضغوط جزيئية ابتدائية للمواد المتفاعلة ومطلوب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند حصول الاتزان

كيف نعرف انه نوع ثاني

1- يعطي جميع التراكيز المولارية او الضغوط الجزيئية الابتدائية وبقيم متساوية او عدد مولات مرتبطة بحجم.

2- يعطي قيمة الثابت ويطلب النهائية .

مثال (2 -3) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

خلط 0.5 مول من H_2 و 0.5 مول من I_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 430 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 5.29 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

علما ان $\sqrt{5.29} = 2.3$

الحل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.5\ mol}{1L} = 0.5\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
0.5	0.5	0
-X	-X	+2X
0.5 – X	0.5 – X	2X

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5-X][0.5-X]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5-X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$2.3 = \frac{[2X]}{[0.5-X]}$$

$$2X = 1.15 - 2.3X$$

$$4.3X = 1.15$$

$$X = \frac{1.15}{4.3} = 0.267\ M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [I_2] = 0.500 - 0.267 = 0.233M$

, $[HI] = 2 \times 0.267 = 0.534M$

تمرين (2 -3) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وضع 0.4 مول من H_2 و 0.4 مول من Br_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 425 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 0.25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.4\ mol}{1L} = 0.4\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$
0.4	0.4	0
-X	-X	+2X
0.4 – X	0.4 – X	2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4-X][0.4-X]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4-X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$0.5 = \frac{[2X]}{[0.4-X]}$$

$$2X = 0.2 - 0.5X$$

$$2.5X = 0.2$$

$$X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08\ M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [Br_2] = 0.40 - 0.08 = 0.32M$

, $[HBr_2] = 2 \times 0.08 = 0.16M$

امثلة اضافية عن النوع الثاني

مثال اضافي3 للتفاعل التالي المتزن

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

في وعاء حجمه 1 لتر خلط 3atm من غاز H_2 ومثلها من غاز I_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان قيمة ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية= 10^4 جد الضغوط الجزيئية عند الاتزان.

الحـــل/

$H_{2(g)}$	+	$I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HI_{(g)}$
3		3		0
-X		-X		+2X
3 – X		3 – X		2X

$$K_P = \frac{P_{HI}^2}{P_{H2} \times P_{I2}}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3 - X)(3 - X)}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3 - X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$100 = \frac{2X}{3-X}$$

$$2X = 300 - 100X$$

$$102X = 300$$

$$X = \frac{300}{102} = 2.94 \text{ atm}$$

لذا الضغوط عند الاتزان

$$P_{H_2} = P_{I_2} = 3 - 2.94 = 0.06 \text{atm}$$

$$P_{HI} = 2 \times 2.94 = 5.88 \text{ atm}$$

مثال اضافي4 للتفاعل التالي الغازي

$$A + B \rightleftharpoons 2C$$

وضع 3 مول من A و 3 مول من B في وعاء حجمه 1.5 لتر وبحرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحـــل/ واجب

وللتأكد من صحة الحل ستكون الاجوبة

الاجوبة [A] =[B] =0.57 [C] =2.86

اسئلة الفصل الخاصة عن النوع الثاني ومثال اضافي

سؤال2–18 وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة 27c° وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي

$$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

فاذا Kp للتفاعل 1.21 احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علما ان الكتلة المولية 20g/mol

الحل/نستخرج الضغط الابتدائي لغاز HF من قانون الغاز المثالي حيث

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4\ g}{20\ g/mol} = 0.2mol$$

$T = t(c) + 273 = 27 + 273 = 300\ K$

$V = 2L$

$R = 0.082\ L.atm/\ mol\ .K$

$PV = nRT$

$$\Longrightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$P = \frac{0.2\ mol\ X\ 0.082L.atm/\ mol\ .K\ X\ 300K}{2L}$$

$P = 2.46$ atm HF الضغط الابتدائي لغاز

$2HF_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$F_{2(g)}$
2.46		0		0
-2X		+ X		+X
2.46 – 2X		X		X

$$Kp = \frac{P_{H_2}\ X\ P_{F_2}}{P^2_{HF}}$$

$$1.21 = \frac{X^2}{(2.46-2X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$1.1 = \frac{X}{(2.46-2X)}$$

$X = 2.7 – 2.2X$

$3.2X = 2.7$

$$X = \frac{2.7}{3.2} = 0.84\ atm$$

$P\ HF = 2.46 – (2 \times 0.84)$

$= 2.46 – 1.68 = 0.78$ atm الضغط النهائي

كيف عرفنا انه نوع ثاني

1- اعطى الثابت

2-اعطى ضغط ابتدائي بصورة غير مباشرة و عرفنا ذلك من كلمة وضع

3- طلب احد الضغوط النهائية عند الاتزان

مثال اضافي5 وضع 1g من غاز H_2 (2g/mol) و 19g من غاز F_2 (38g/mol) في وعاء مغلق حجمه 1L عند درجة حرارة معينة وحسب التفاعل التالي

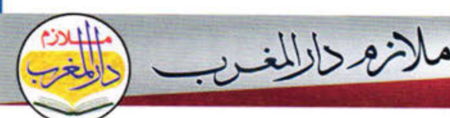
$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF_{(g)}$$

فاذا Kc للتفاعل = 4 احسب التراكيز النهائية عند الاتزان

الحل/ واجب

وللتأكد من صحة الحل ستكون الاجوبة

الاجوبة $[H_2] = [F_2] = 0.25$ $[HF] = 0.5$



مخطط مهم جدا قبل الدخول الى النوع الثالث والرابع

لنفرض التفاعل التالي

$$A_{(g)} + 3B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$$

	$A_{(g)}$	$3B_{(g)}$	$2C_{(g)}$	
وضع – سخن – مزج – ادخل ـ قبل التفاعل او التفكك	Y	Y	0	
ما تفكك – ما تحلل – ما استهلك – تحلل بمقدار كذا ٪	-X	-3X	2X	قد زاد بمقدار
	M-X	M-3X	2X	

المتبقي او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقى ← (M-X , M-3X)

المتكون او الناتج ← (2X)

اما عبارة جد تراكيز خليط الاتزان او تراكيز الاتزان او التراكيز النهائية فتعني كل التراكيز في الفرضية الثالثة مجهولة.

ملاحظات في غاية الاهمية

1. اذا كان السؤال للضغوط نفس المخطط تماما فقط نضع قيم الضغوط بدل قيم التراكيز.
2. المخطط كما موضح من 3صفوف الاول يدعي الفرضية الاولى والثاني الفرضية الثانية والثالث الفرضية الثالثة.
3. اذا ذكر احسب (تراكيز) (عدد مولات) – ضغوط جزيئية خليط مزيج الاتزان هذا يعني حساب التراكيز النهائية اوالضغوط النهائية عند الاتزان (الفرضية الثالثة).
4. اذا ذكر (خلط – وضع – ادخل – سخن – مزج – تراكيز ابتدائية – قبل التفكك ـ) يعني ان قيم المواد المعطاة في السؤال او احيانا المطلوبة هي قيم التراكيز الابتدائية (الفرضية الاولى).
5. اذا ذكر كلمة استهلك بمقدار – تفكك – تحلل – ناتج نسبة مئوية للتحلل) معناه التغير في التراكيز او الضغوط . الفرضية الثانية.
6. عند ذكر المتبقي من المتفاعلات او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقي في الاناء يعني التراكيز النهائية للمتفاعلات وفي حالة ذكر كلمة المتكون او نتج او ما تكون يعني التراكيز النهائية للنواتج (الثالثة).
7. عدد المولات الكلية يمثل مجموع عدد المولات عند الاتزان للمواد الناتجة او المتفاعلة.

$$n_T = n_1 + n_2 + n_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

8. الضغط الكلي يمثل مجموع الضغوط الجزئية النهائية عند للاتزان للمواد المتفاعلة والناتجة.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

ابحث عن اشارات في كل نوع من انواع الثالث وهذه الاشارات هي من سيحل اي سؤال وهي تدل على الاكثر انه نوع ثالث الاشارات هي 1 ما تفكك او تحلل او استهلك 2 المتبقي او ما تبقى 3 المتكون او الناتج 4 الضغط الكلي او عدد المولات الكلية 5 ثابت الاتزان K_C او K_P 6 النسبة المئوية للمستهلك(اشارة خاصة بالنوع الرابع)

في اسئلة توجد اكثر من اشارة من الاشارات اعلاه حاول ان تعرف ممن تستفيد اولا وكل اشارة لها دور في حل السؤال.

تذكر – هذه الملاحظة (سيدة الملاحظات) لا يتم انزل قانون ثابت الاتزان الا بعد التأكد من ان كل التراكيز النهائية معلومة هذا اذا كان الثابت مجهول اما اذا كان معلوم فلا يتم انزل القانون الا اذا كان تركيز نهائي واحد مجهول.

الامثلة والتمارين ومسائل الفصل الخاصة بالنوع الثالث

مثال (2 -2) في أحدى التجارب العلمية ادخل 0.625mol من غاز N_2O_4 في وعاء سعته 5L فتفكك الغاز حسب التفاعل ادناه وعند الوصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان تركيز N_2O_4 المتبقي= 0.025M أحسب قيمة Kc لهذا التفاعل

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

الحـــــل/ نحسب أولا التركيز الابتدائي للمتفاعل.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.625\ mol}{5L} = 0.125\ M$$

$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
0.125		0
- X		+2X
0.125 – X (0.025)		2X

همسة: المتبقي يعني التركيز النهائي للمادة المتفاعلة المذكورة بالسؤال وهي كانت اشارة هذا السؤال

من معطيات السؤال التركيز النهائي ل $[N_2O_4]$ عند الاتزان = 0.025 وعليـــــه

$$0.125 - X = 0.025 \Longrightarrow X = 0.125 - 0.025 = 0.1\ M$$

$$[NO_2] = 2 \times 0.1 = 0.2M$$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Longrightarrow Kc = \frac{[0.2]^2}{[0.025]} = \frac{[0.04]}{[0.025]} = \frac{40}{25} = 1.6$$

تمرين (2 -5) للتفاعل الاتي $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ وضع في وعاء حجمه لتر واحد 0.8 مول من غاز CO_2 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان ربع كمية الغاز قد استهلكت أحسب Kc .

الحـــــل/ نحسب أولا التراكيز الابتدائية للمتفاعلات.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.8\ mol}{1L} = 0.8\ M$$

$2CO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2CO_{(g)}$	+	$O_{2(g)}$
0.8		0		0
-2X (ربع التركيز النهائي)		+2X		+ X
0.8 – 2X		2X		X

همسة: اشارة السؤال ربع كمية الغاز قد استهلكت وهي اشارة خاصة بمتفاعلات الفرضية الثانية

من معطيات السؤال ان ربع كمية غاز CO_2 قد استهلكت وعليه هذا يعني يمكن ايجاد قيمة X كالاتي

$$2X = \frac{1}{4}(0.8) \Longrightarrow 2X = 0.2 \Longrightarrow X = 0.1M$$

وعليه التراكيز عند الاتزان كالاتي

$[CO_2] = 0.8 - 2 \times 0.1 = 0.6M$ $[CO] = 2 \times 0.1 = 0.2M$ $[O_2] = 1 \times 0.1 = 0.1M$

$$Kc = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

$$Kc = \frac{[0.2]^2[0.1]}{[0.6]^2}\quad Kc = \frac{[0.2][0.2][0.1]}{[0.6][0.6]}\quad Kc = \frac{[0.1][0.1][0.1]}{[0.3][0.3]}\quad Kc = \frac{[0.001]}{[0.09]}\quad Kc = \frac{[1]}{[90]} = 0.011$$

سؤال (2 -3) يتفكك غاز N_2O_4 الى غاز NO_2 في اناء مغلق حجمه لتر واحد وكان ضغط الغاز قبل التفكك 2atm وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي= 3atm احسب Kp للتفاعل

الحـــل / معادلة التفكك هي

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

N_2O_4	$2NO_2$
2	0
-X	+2X
2 - X	2X

الضغط الكلي ليس له علاقة بعدد المولات

$$P_T = P_{N_2O_4} + P_{NO_2}$$

$$3 = 2 - X + 2X$$

$$3 = 2 + X \longrightarrow X = 1atm$$

وعليه الضغوط عند حالة الاتزان

$$P_{N_2O_4} = 2 - X = 2 - 1 = 1atm \longrightarrow P_{NO_2} = 2X = 2atm$$

$$Kp = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_4}} \longrightarrow Kp = \frac{2^2}{1^2} = 4$$

سؤال (2 -24) للتفاعل الاتي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

وضعت مولات مختلفة من H_2 و N_2 في اناء سعته لتر واحد وعند وصول الى حالة الاتزان وجد ان ما استهلك من H_2 يساوي 0.3 وما تبقى من N_2 = 0.2 ما عدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علما ان ثابت الاتزان Kc = 200

الحـــل/ بما ان الحجم 1L لذا فالتركيز المولاري = عدد المولات.

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$3H_2$	N_2	$2NH_3$
a	b	0
-3X	-X	+2X
a-3X	b-X	2X

من معطيات السؤال نلاحظ ان مقدار ما استهلك من H_2 = 0.3 وعليه

$$3X = 0.3 \longrightarrow X = 0.1$$

ما تبقى من N_2 = 0.2 وعليه

$$b - X = 0.2 \longrightarrow b - 0.1 = 0.2 \longrightarrow b = 0.3\ mol$$

وعليه عدد مولات N_2 في بداية التفاعل = 0.3mol

نستخرج قيمة a من قيمة ثابت الاتزان حيث التراكيز النهائية هي كالاتي

$$[H_2] = a - 0.3 \longrightarrow [N_2] = 0.2M \longrightarrow [NH_3] = 2x = 2 \times 0.1 = 0.2M$$

$$Kc = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \longrightarrow 200 = \frac{[0.2]^2}{[a-0.3]^3[0.2]} \longrightarrow 200 = \frac{[0.2]}{[a-0.3]^3}$$

$$[a-0.3]^3 = \frac{0.2}{200} \longrightarrow [a-0.3]^3 = 0.001$$ وبالجذر التكعيبي

$$a - 0.3 = 0.1 \longrightarrow a = 0.4\ mol$$ عدد مولات H_2 بداية التفاعل

سؤال2-16 في التفاعل المتزن الغازي

$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$

وجد ان ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1atm فاذا علمت ان $KP = \frac{1}{2}$ فما ضغط غازي Cl_2 و PCl_3 بداية التفاعل؟

الحل/

$PCl_{3(g)}$	$+ Cl_{2(g)}$	$\rightleftharpoons PCl_{5(g)}$
2Y	Y	0
−X	−X	+X
2Y −X	Y − X (1atm)	X

من معطيات السؤال ضغط Cl_2 =1atm وعليه

$Y - X = 1 \Longrightarrow X = Y - 1$

وعليه ضغط PCl_3 عند الاتزان =

$P_{PCl3} = 2Y - X$

$P_{PCl3} = 2Y - (Y - 1)$

$P_{PCl3} = 2Y - Y + 1$

$P_{PCl3} = Y + 1$

وايضا ضغط PCl_5 عند الاتزان $= X = Y-1$

$$K_p = \frac{P_{PCl_5}}{P_{PCl3} \times P_{Cl2}}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{Y-1}{(Y+1) \times 1}$$

$2Y - 2 = Y + 1$

$2Y - 1 = 1 + 2$

$Y = 3$

ضغط Cl_2 عند الاتزان = Y = 3 atm

وعليه ضغط PCl_3 في بداية التفاعل

= 2 x 3 = 6 atm

لماذا استخدمنا X بدلالة Y وليس العكس؟

نصيحة/ حينما يكون هناك مجهولين في الفرضية وتريد استخراج احدهما بدلالة الاخر تذكر يفضل الاستخراج بدلالة من يكون بمفرده بالمعادلة 0الفرضية)

سؤال2-17 في التفاعل المتزن

$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

وفي أناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبحرارة 2000K وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان = 3mole ما تراكيز خليط الاتزان علما ان ثابت الاتزان Kc يساوي4؟

الحل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$CO_{2(g)}$	$+ H_{2(g)}$	$\rightleftharpoons CO_{(g)}$	$+ H_2O_{(g)}$
Y	Y	0	0
-X	-X	+X	+X
Y − X	Y − X	X	X

بما ان اعطى nT فيمكن القول

$n_T = n_{CO2} + n_{H2} + n_{CO} + n_{H2O}$

$3 = (Y - X) + (Y - X) + X + X$

$3 = 2Y$

$Y = \frac{3}{2} = 1.5\ mol = 1.5M$

$$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$$

$4 = \frac{X^2}{(1.5-X)^2}$ نجذر الطرفين

$$2 = \frac{X}{(1.5-X)}$$

$X = 3 - 2X$

$3X = 3$

$X = 1M$

وعليه التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [CO_2] = Y - X = 1.5 - 1 = 0.5M$

$[CO] = [H_2O] = X = 1\ M$

ملاحظه تخص السؤال اعلاه

1- تذكر لا يمكن انزال قانون الثابت اذا كان هناك مجهولين.

2- حينما يعطي مولات كلية على الاغلب يكون الحجم لتر واحد.

سؤال2-11 عند تسخين غاز NOCl الى حرارة 240c° في اناء مغلق حجمه لتر واحد حسب المعادلة: $2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$

وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتزان = 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.4atm احسب

1. الضغوط الجزيئي لغاز NOCl قبل التحلل.
2. ثابت الاتزان Kp عند نفس درجة الحرارة؟

الحل

$2NOCl_{(g)}$	⇌	$2NO_{(g)}$	+	$Cl_{2(g)}$
Y		0		0
-2X		+2X		+X
Y – 2X (0. 4 atm)		2X		X

$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl2}$$
$$1 = 0.4 + 2X + X$$
$$1 - 0.4 = 3X$$
$$3X = 0.6 \Longrightarrow X = 0.2\ atm$$

وعليه ضغط NOCl الابتدائي

$$Y - 2X = 0.4$$
$$Y - 2(0.2) = 0.4$$
$$Y = 0.4 + 0.4 = 0.8atm$$

ب) الضغوط الجزيئية عند الاتزان

$PCl_2 = X = 0.2\ atm$ PNO = 2X = 2 x 0.2 = 0.4 atm   PNOCl = 0.4 atm معطى بالسؤال

$$Kp = \frac{P_{NO}^2 \times P_{Cl2}}{P_{NOCl}^2} \Longrightarrow Kp = \frac{(0.4)^2 \times 0.2}{(0.4)^2} = 0.2$$

سؤال2-14 التفاعل الافتراضي $A + aB \rightleftharpoons 2C$ وضع 2mole من A و 5mole من B في اناء حجمه لتر واحد وبحرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ما استهلك من A مول واحد وما تبقى من B 2mole احسب Kc للتفاعل ؟

الحل /

M=n لان الحجم 1 لتر

A	+	aB	⇌	2C
2		5		0
-X		-aX		+2X
2-x		5-ax		2X

بما ان المستهلك من A = 1mol وعليه

$$X = 1M$$

بما ان المتبقي من B = 2mol وعليه

$$5 - ax = 2$$
$$5 - a(1) = 2 \Longrightarrow 5 - 2 = a \Longrightarrow a = 3$$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

[A] = 2 –X = 2-1 =1M

[B] =2M (معطى)

[C] = 2X = 2M

$$Kc = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} \Longrightarrow Kc = \frac{[2]^2}{[1][2]^3} = \frac{4}{8} = 0.5$$



سؤال (2 -20) للتفاعل الاتي الماص

$$C_2H_{6(g)} \rightleftharpoons C_2H_{4(g)} + H_{2(g)}$$

وضع في وعاء حجمه لتر واحد مولات من غاز C2H6 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان ربع كمية الغاز قد استهلكت وان Kc للتفاعل = $\frac{1}{2}$ جد تراكيز خليط الاتزان

الحل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$C_2H_{6(g)}$	$\rightleftharpoons$	$C_2H_{4(g)}$	+	$H_{2(g)}$
Y		0		0
-X		+X		+X
Y – X		X		X

بما ان ربع كمية الغاز قد استهلكت يمكن القول

$$X = 0.25\ Y$$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

$$[C_2H_6] = Y - 0.25\ Y = 0.75\ Y$$
$$[C_2H_4] = [H_2] = X = 0.25\ Y$$

$$Kc = \frac{[C_2H_4][H_2]}{[C_2H_6]}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{[0.25\ Y][0.25\ Y]}{[0.75\ Y]}$$

(1 ، 3)

$$\frac{1}{2} = \frac{[0.25\ Y]}{[3]}$$

$$0.5\ Y = 3$$
$$Y = 6$$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

$$[C_2H_6] = 0.75\ Y = 0.75(6) = 4.5M$$

$$[C_2H_4]=[H_2] = 0.25\ Y = 0.25(6) = 1.5M$$

سؤال (2 -21) للتفاعل الاتي الماص

$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$$

سخنت كمية كافية مع الكاربون بوجود الاوكسجين تحت ضغط 1.4 atm في وعاء حجمه 1 لتر وعند حرارة معينة وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط CO عند الاتزان = 0.8 atm جد Kp للتفاعل؟

الحل/

$2C_{(s)}$	+	$O_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2CO_{(g)}$
		1.4		0
		– X		+2X
		1.4 – X		2X (0.8)

من معطيات السؤال ضغط CO عند الاتزان= 0.8 وعليه

$$2X = 0.8 \Longrightarrow X = 0.4atm$$

وعليه الضغوط الجزيئية عند الاتزان .

$$[O_2] = 1.4 - X = 1.4 – 0.4 = 1atm$$
$$[CO] = 0.8\ atm$$ معطى

$$Kp = \frac{P_{CO}^2}{PO_2}$$

$$Kp = \frac{[0.8]^2}{[1]}$$

$$Kp = 0.64$$



سؤال2-15 في التفاعل المتزن $NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$

بدرجة حرارة 727C° وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO يساوي 304 Torr والضغط الكلي = 1atm ما ثابت الاتزان Kp للتفاعل.

الحل/

$$P_{Co} = \frac{304\ torr}{760\ torr/atm} = 0.4\ atm$$

$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$

0.4   X

$$P_T = P_{CO} + P_{CO2}$$

$$1 = 0.4 + X$$

$$1.00 - 0.4 = X$$

$X = 0.6atm$ ضغط غاز CO_2

$$K_P = \frac{P^2_{CO2}}{P_{CO}}$$

$$K_P = \frac{0.6}{0.4} = 1.5$$

ملاحظات حول السؤال

1. حولنا من وحدة الTorr الى atm لان الضغط الكلي بوحدة atm.
2. للتحويل من وحدة الTorr الى atm نقسم على 760
3. Ni و NiO لن تذكر في القوانين لانهما مواد صلبة.
4. يمكن حل السؤال بدون فرضية لانه مجهول واحد فقط في التراكيز النهائية.

سؤال (2 -26) للتفاعل الاتي الغازي عند حرارة معينة

$$2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$$

وضعت مولات مختلفة من NO وO_2 في اناء للتفاعل حجمه لتر واحد وعند الوصول الى التفاعل وجد ان المتكون من NO_2 = 0.8mol وتركيز كل من O_2 وNO متساويان وان Kc=10 جدد عدد مولات O_2 وNO بداية التفاعل؟

الحل/

بما ان الحجم 1L لذا فالتركيز المولاري = عدد المولات.

$$2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$$

2NO	O₂	2NO₂
a	b	0
-2X	-X	+2X
a-2X	b-X	2X

بما ان تراكيز O_2 وNO متساويان عند الاتزان فعليه سنفرض تراكيزهما النهائية = Y وعليه

وعليه التراكيز عند الاتزان

$$[NO] = [O_2] = Y$$

$[NO_2] = 0.8$ معطى

$$K_c = \frac{[NO2]^2}{[NO]^2[O2]}$$

$$10 = \frac{[0.8]^2}{[Y]^2[Y]}$$

$Y^3 = \frac{0.64}{10} \longrightarrow Y^3 = 0.064$ ناخذ الجذر التكعيبي

$Y = 0.4M = [NO] = [O_2]$ التركيز النهائي

نجد قيمة X من تركيز NO المتكون

$2X = 0.8 \longrightarrow X = 0.4M$

وعليه

$a - 2X = Y$

$a - 2(0.4) = 0.4 \Longrightarrow a = 0.4 + 0.8 = 1.2M$

$b - X = Y$

$b - (0.4) = 0.4 \Longrightarrow b = 0.4 + 0.4 = 0.8M$

النوع الرابع: - يعطي قيمة التراكيز الابتدائية ويعطي قيمة للمتحلل او المتفكك بالنسبة المئوية (التغير في التركيز) ويطلب ثابت الاتزان؛ حيث نستخدم هذا القانون

$$\text{النسبة المئوية للمتفكك من } Y = \frac{\text{المتحلل من } Y}{\text{التركيز الابتدائي } Y} \times 100\%$$



$$\text{المتحلل من } Y = \frac{\text{النسبة المئوية للمتفكك من } Y \times \text{التركيز الابتدائي } Y}{100\%}$$

سؤال اضافي للتفاعل المتزن

$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$$

وجد انه عند وضع مول من A_2 في اناء تفاعل حجمه لتر عند ظروف قياسية يصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من A_2 ما قيمة Kc للتفاعل

وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من A_2 عند نفس الظروف؟

الحل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$A_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2A_{(g)}$
1		0
- X ⟸ هذا هو المتحلل		+2X
1- X		2X

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } A_2 = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$1\% = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{1M} \times 100\%$$

$$X = \frac{1M \times 1\%}{100\%} = 0.01M$$

وعليه التراكيز النهائية

$[A_2]$ = 1- X = 1.00 – 0.01= 0.99M

$[A]$ = 2X = 2 × 0.01 = 0.02M

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]} \Longrightarrow K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.99]} = 4 \times 10^{-4}$$

لايجاد تركيز A نستخدم قيمة Kc

من يريد تراكيز جديدة لتفاعل او ناتج ويعطي تراكيز جديدة كافة التراكيز السابقة في السؤال تهمل ونستفاد فقط من قيمة الثابت

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]}$$

$$4 \times 10^{-4} = \frac{[A]^2}{[0.01]}$$

نجذر الطرفين $[A]^2 = 4 \times 10^{-4} \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-6}$

$[A] = 2 \times 10^{-3}M$

سؤال2 -19 اذا كانت درجة تفكك مول واحد من N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27 وضغط 1atm وفي اناء حجمه 1L احسب قيمة Kc للتفاعل.

الحل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
1		0
- X ⟸ هذا هو المتحلل		+2X
1- X		2X

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } N_2O_4 = \frac{\text{المتحلل من N2O4}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$20\% = \frac{\text{المتحلل من N2O4}}{1M} \times 100\%$$

$$X = \frac{20M \times 1\%}{100\%} = 0.2M$$

وعليه التراكيز النهائية

$[N_2O_4]$= 1- X = 1.0 – 0.2= 0.8M

$[A]$ = 2X = 2 × 0.2 = 0.4M

$$K_c = \frac{[NO2]^2}{[N2O4]}$$

$$K_c = \frac{[0.4]^2}{[0.8]}$$

$$K_c = \frac{[0.16]}{[0.80]}$$

$$K_c = 0.2$$

اثرائيات وواجبات الخاصة عن النوع الثالث والرابع

مثال اضافي6 في التفاعل المتزن الغازي

$$2A + B \rightleftharpoons 2C$$

وفي اناء حجمه 1لتر وضع مول واحد A وكمية معينة من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من C 0.2 مول وتراكيز A و B متساوية جد
1. تركيز B الابتدائي 2. Kc

الحل/ 1)

لان الحجم 1 لتر $M = n$

2A	+ B	⇌ 2C
1	Y	0
-2X	-X	+2X
1-2X	Y - X	2X
		0.2

من معطيات السؤال المتكون من C= 0.2 وعليه

$2X = 0.2$ $\qquad X = \frac{0.2}{2} = 0.1$

وعليه تركيز A عند الاتزان =

$[A] = 1\text{-}2X = 1\text{-}2(0.1) = 1\text{-}0.2 = 0.8M$

وعليه تركيز B عند الاتزان =

$[B] = Y\text{-}X = Y - 0.1$

بما ان تراكيز A و B متساوية اي

$0.8 = Y - 0.1$

تركيز B الابتدائي $Y = 0.8 + 0.1 = 0.9$

2) لايجاد قيمة Kc يجب معرفة التراكيز عند الاتزان وهي

$[A] = 0.8M$
$[B] = Y - X = 0.9 - 0.1 = 0.8M$
$[C] = 0.2M$ معطى

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$$

$$K_c = \frac{[0.2]^2}{[0.8]^2[0.8]}$$

$$Kc = \frac{0.2 \times 0.2}{0.8 \times 0.8 \times 0.8} = \frac{2 \times 2}{8 \times 8 \times 0.8} = \frac{4}{51.2} = \frac{1}{12.8} = 0.078$$

مثال اضافي7 في التفاعل المتزن الغازي

$$A + B \rightleftharpoons C$$

وفي اناء حجمه 1لتر وضع كمية معينة من A وثلاث امثالها من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتبقي من A=1mol وان $Kc = \frac{1}{4}$ جد عدد مولات A و B بداية التفاعل

الحل/

لان الحجم 1 لتر $M = n$

A	+ B	⇌ C
Y	3Y	0
-X	-X	+X
Y -X	3Y - X	X
1		

من معطيات السؤال المتبقي من A= 1 وعليه

$Y - X = 1 \Longrightarrow X = Y - 1$

وعليه

$[B] = 3Y - X = 3Y - (Y - 1)$
$[B] = 3Y - Y + 1 = 2Y + 1$

$[C] = X = Y - 1$

$[A] = 1$ معطى

$$K_c = \frac{[C]}{[A][B]}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{[Y-1]}{[1][2Y+1]}$$

$$4Y - 4 = 2Y + 1$$
$$4Y - 2Y = 1 + 4$$
$$2Y = 5$$
$$Y = \frac{5}{2} = 2.5$$

وعليه عدد مولات الابتدائية لكل من A و B الابتدائية

$[A] = Y = 2.5mol$
$[B] = 3Y = 3 \times 2.5mol = 7.5mol$



مثال اضافي8 في التفاعل المتزن الغازي

$$2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$$

وفي اناء حجمه 1لتر وضع 4atm من CO_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الجزئي ل CO_2 هو 2atm

جد 1) K_P 2) الضغط الكلي

$2CO_2$	$\rightleftharpoons$	$2CO$	+	O_2
4		0		0
-2X		+2X		+X
4-2X		2X		X
2				

بما ان الضغط الجزئي ل CO_2 عند الاتزان = 2atm وعليه

$4 - 2X = 2 \Longrightarrow 4-2 = 2X$

$2 = 2X \Longrightarrow X = 1atm$

وعليه باقي الضغوط عند الاتزان

$P_{CO_2} = 2X = 2 \times 1 = 2atm$

$P_{O_2} = X = 1atm$

$$K_P = \frac{P^2_{CO} \times P_{O_2}}{P^2_{CO2}}$$

$$K_P = \frac{2^2 \times 1}{2^2} = \frac{4}{4} = 1$$

2) ايجاد الضغط الكلي

$P_T = P_{CO_2} + P_{CO} + P_{O_2}$

$P_T = 2 + 2 + 1 = 5atm$

مثال اضافي9 في التفاعل المتزن الغازي

$$2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$$

وفي اناء حجمه 1لتر وضعت كمية من HBr وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان عدد مولات كل من H_2 = 0.4mol والمتبقي من HBr = 0.2mol ما عدد مولات HBr بداية التفاعل ثم جد قيمة Kc

الحــــل/

لان الحجم 1 لتر $M = n$

$2HBr$	$\rightleftharpoons$	H_2	+	Br_2
Y		0		0
-2X		+X		+X
Y-2X		X		X
0.2		0.4		

من معطيات السؤال المتكون من H_2 = 0.4 وعليه

$X = 0.4$ mol

وعليه

$Y - 2X = 0.2$

$Y - 2(0.4) = 0.2$

$Y - 0.8 = 0.2$

$Y = 0.2 + 0.8 = 1mol$ عدد مولات HBr بداية التفاعل

$$2) \quad Kc = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{0.4 \times 0.4}{0.2 \times 0.2} = 4$$

واجبات عن النوع الثالث تحل في دفتر الواجبات.

مثال اضافي10 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ وضع 6mol من SO_2 و 4mol من O_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان تركيز SO_3 ضعف O_2 جد Kc علما ان حجم الاناء 2 لتر

الجواب= 4

مثال اضافي11 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $A + 2B \rightleftharpoons 2C$ وفي اناء حجمه لتر واحد وضع 3mol من A و 2mol من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من C = 1mol جد Kc

الجواب= 0.4

مثال اضافي12 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$ وفي اناء حجمه لتر واحد وضع 0.4atm من CO و 0.6atm من Cl_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي = 0.8atm جد K_P للتفاعل.

الجواب= 2.5

مثال اضافي13 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ وفي اناء حجمه 4 لتر وضع 4mol من SO_3 و عند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الوعاء يحتوي 2.4mol من غاز SO_2 احسب KC

الجواب= 0.675

2-7 العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وثابت الاتزان

للتفاعل الاتي $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$

ترتبط الطاقة الحرة غير القياسية ΔG مع الطاقة الحرة القياسية $\Delta G°$ لهذا التفاعل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \quad (1)$$

حيث R ثابت الغازات ويساوي بوحدات الطاقة ($R=8.314$ J/K.mol) و T درجة الحرارة بوحدات الكلفن.

وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان تكون الطاقة الحرة مساوية صفر وحاصل القسمة = ثابت الاتزان وعليه تصبح المعادلة أعلاه .

$$\Delta G° = -RT \ln K_{eq} \quad (2)$$

حيث يستخدم K_P لتفاعلات الغازات بدلالة الضغوط الجزيئية و K_C بدلالة التراكيز المولارية.

تعد هذه المعادلة من أهم المعادلات في علم الثرموداينمك لانها تمكننا من معرفة التغير في الطاقة الحرة $\Delta G°$ بالاعتماد على قيمة ثابت الاتزان

ان قيمة R هنا تختلف عن قيمة R الغازات تذكر هذا جيدا وكي لا يحدث لك لبس في الموضوع هذه تستخدم مع الطاقات دائما لانها تحتوي وحدة الجول

مثال (2-13) اذا علمت ان $\Delta G°$ للتفاعل التالي = -104 kJ/mol عند الظروف القياسية

$$CCl_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

احسب ثابت الاتزان عند نفس الظروف.

علما ان $\ln 1.7 \times 10^{18} = 42$

الحل/ $T(K) = 25 + 273 = 298K$

$R=8.314$ J/K.mol

$\Delta G_{(J/mol)} = -104$ kJ/mol $\times 1000$ J/kJ

$= -104000$ J/mol

$\Delta G° = -RT \ln K_{eq}$

$-104000_{J/mol} = -8.314$ J/K.mol $\times 298K \ln K_{eq}$

$\ln K_{eq} = \frac{-104000}{-8.314 \times 298}$

$\ln K_{eq} = 42$

$\ln K_{eq} = \ln 1.7 \times 10^{18}$

$K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$

ان هذه القيمة كبيرة جدا مما يعني ان قيمة تراكيز المتفاعلات قليلة جدا والتفاعل شبه تام.

ملاحظة / اننا نقوم بتحويل وحدة الطاقة الحرة الى وحدة الجول لان ثابت ال R يحتوي وحدة جول

تمرين (2 - 6) احسب ثابت الاتزان K_P للتفاعل التالي عند حرارة 25C وضغط 1atm

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي

$\Delta G°_f (H_2O) = -237$ kJ/mol

علما ان $\ln 1.2 \times 10^{-83} = -191.3$

الحل/

$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$

$\Delta G_r° = [2\Delta G_f° (H_2) + \Delta G_f°(O_2)] - [2\Delta G_f° (H2O)]$

$\Delta G_r° [2 \times 0 + 0] - [2 \times (-237) = 474$ kJ/mol

$T(K) = 25 + 273 = 298K$

$\Delta G°_{(J/mol)} = 474$ kJ/mol $\times 1000$ J/kJ

$= 474000$ J/mol

$\Delta G° = -RT \ln K_{eq}$

$474000_{J/mol} = -8.314$ J/K.mol $\times 298K \ln K_{eq}$

$\ln K_P = \frac{474000}{-8.314 \times 298}$

$\ln K_P = -191.3$

$\ln K_P = \ln 1.2 \times 10^{-83}$

$K_P = 1.2 \times 10^{-83}$

ان هذه القيمة صغيرة جدا يعني ان التفاعل لا يحدث تلقائيا

مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين الطاقة الحرة وحاصل التفاعل

سؤال 2-6 ثابت الاتزان لتفاعل ما عند °25 يساوي 1×10^{-5} و ΔSr° للتفاعل نفسه = 0.5kJ/K.mol – احسب ΔHr° للتفاعل ؟

$$\Delta G^\circ = -R\,T\,\ln K_{eq}$$

$$T = 25 + 273 = 298$$

$$R = - 8.314\ J/K.mol$$

$$\ln 10^{-5} = 2.3 \log 10^{-5} = -5 \times 2.3 \times 1 = -11.5$$

$$\Delta G^\circ = -8.314\ J/K.mol \times 298\ K \times -11.5$$

$$\Delta G^\circ = 28500\ J/mol$$

$$\Delta G^\circ_{kJ/mol} = \frac{28500\ J/mol}{1000 J/kJ} = 28.5\ kJ/mol$$

$$\Delta Gr^\circ = \Delta Hr^\circ - T\Delta sr^\circ$$

$$\Delta H^\circ r = \Delta Gr^\circ + T\Delta sr^\circ$$

$$\Delta H^\circ r = 28.5 + 298\,(-0.5)$$

$$\Delta H^\circ r = 28.5 - 149.0$$

$$\Delta H^\circ r = -120.5\ kJ$$

2 – 23 اذا علمت ان ثابت التأين الذاتي للماء عند درجة حرارة 25C° وضغط 1atm تساوي 1×10^{-14} احسب قيمة ΔG° للتأين

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

علما ان $\ln 10^{-14} = -32.24$

الحـــــل/

$$TK = t(C^\circ) + 273 = 25 + 273 = 298$$

$$\Delta G^\circ = -\,RT\ln K_{eq}$$

$$\Delta G^\circ = -\,(8.314\ J/K\,.\,mol \times 298\ K)\ \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G^\circ = (-\,2477.6\ J\,.\,mol) \times \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G^\circ = (-\,2477.6\ J\,.\,mol) \times -\,32.24$$

$$\Delta G^\circ = 79881\ J\,.\,mol$$

2 - 11 قاعدة لو شاتليه

اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل الى حالة الاتزان الجديدة

- **يشبه هذا المبدأ قانون نيوتن في الأنظمة الميكانيكية.**

(لكل فعل رد فعل مساو له بالقيمة ومعاكس بالاتجاه)

موضع الاتزان :- مدى انحراف او انزياح الاتزان الكيميائي ناحية تكوين المواد الناتجة او المتفاعلة لتفاعل كيميائي متزن.

المؤثرات الخارجية التي تؤدي الى الإخلال بحالة الاتزان هي

أولا :- تأثير التغير في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة على موضع الاتزان.

في تفاعل هابر لإنتاج الامونيا

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

لاحظ ماذا سيحدث

- عند إضافة مزيد من الهيدروجين او النتروجين(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو تكوين الامونيا اي نحو اليمين(للتقليل من الكمية الزائدة من المواد المتفاعلة) اي ان سرعة التفاعل الأمامي ستزداد ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.
- عند إضافة مزيد من الامونيا(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار (لتقليل من الكمية الزائدة من الامونيا) ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.
- عند سحب H_2 او N_2 التفاعل ينزاح نحوهما اي من اليمين الى اليسار.
- عند سحب كمية من الامونيا ينزاح التفاعل من اليسار الى اليمين.

الخلاصة:

1- عند الاضافة الى النواتج ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.
2- عند الاضافة الى المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.
3- عند السحب من النواتج ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.
4- عند السحب من المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.

من الاخير
: عند السحب نفس الاتجاه
عند الاضافة عكس الاتجاه



ثانيا :- تأثير الضغط او حجم اناء التفاعل على موضع الاتزان.

ان التغير بالضغط المسلط على التفاعل او التغير بحجمه يكون بالصورة الاتية

التغير	انحراف الاتزان
زيادة الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها
نقصان الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
زيادة الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
نقصان الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها

- مثال عام عن تأثير الضغط والحجم.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

نلاحظ ان عدد المولات قل وبالتالي الحجم الكلي للتفاعل قل

لذا فان زيادة الضغط يقل الحجم على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه النواتج لانها تمتلك عدد مولات اقل

اما عند خفض الضغط يزداد الحجم على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه المتفاعلات لانها تمتلك عدد مولات اكبر

ثالثا :- تأثير درجة الحرارة

اولا : في حالة التحكم بالحرارة من قبلنا

التغيير	التفاعلات الباعثة للحرارة	التفاعلات الماصة للحرارة
زيادة درجة الحرارة	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}
نقصان درجة الحرارة	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}

ثانيا- في حالة ان الحرارة انخفضت او ارتفعت من تلقاء نفسه نتبع ما يلي

- في حالة الارتفاع بالحرارة ابحث عن الباعث او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الباعث يعني الحرارة ارتفعت.
- في حالة الانخفاض بالحرارة ابحث عن الماص او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الماص الحرارة انخفضت.

مهم جدا : اذا كان التفاعل الامامي باعث فالتفاعل الخلفي ماص.



أمثلة عن تأثير درجة الحرارة.

1ـ للتفاعل الاتي $CaCO_{3(s)}$ + طاقة ⇌ $CaO_{(s)}$ + CO_2

ماذا يحدث عن

أ- زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليمين اي باتجاه النواتج)

ب- خفض درجة الحرارة. (ينزاح التفاعل نحو اليسار باتجاه المتفاعلات)

2ـ للتفاعل الاتي $2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ ⇌ $CO_{2(g)}$ + طاقة

ماذا يحدث عن

أ- زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليسار اي نحو المتفاعلات)

ب- خفض درجة الحرارة. (ينزاح التفاعل نحو اليمين اي نحو النواتج)

رابعا :- العامل المساعد

العامل المساعد يؤدي فقط الى خفض طاقة التنشيط ولا يؤثر في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة وبالتالي لا تؤثر على موضع الاتزان او قيمة ثابت الاتزان

علل/ إضافة العامل المساعد لا تؤثر موضع الاتزان؟ (مهم)

الجواب / لان العامل المساعد يزيد معدل سرعتي التفاعل الأمامي والخلفي بالدرجة نفسها فيتم الوصول الى حالة الاتزان بسرعة عالية دون حدوث في تغيرات المواد الداخلة في التفاعل.

2 - 9 العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان

تذكر فقط الحرارة تؤثر على قيمة ثابت الاتزان

1- التغير في الضغط والحجم وإضافة العامل المساعد لا تؤثر على قيمة ثابت الاتزان.

2- التغير في درجة الحرارة هو وحده من يؤثر في قيمة ثابت الاتزان الكيميائي.

مهم جدا/ اذا اتجه التفاعل نحو النواتج قيمة ثابت الاتزان تزداد قيمة K_{eq}

اما اذا اتجه التفاعل نحو المتفاعلات قيمة ثابت الاتزان K_{eq} تقل

تمرين(2-7) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)} \quad \Delta H = 428\ kJ/mol$$

1) زيادة الضغط على التفاعل
2) إضافة مزيد من O_2 الى النظام.
3) خفض درجة الحرارة.
4) إضافة العامل المساعد

الأجوبة/

1) بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية وثابت الاتزان لا يتأثر
2) عند إضافة مزيد من O_2 سوف يزداد تركيزه وبالتالي يتجه التفاعل نحو اليمين وثابت الاتزان لا يتأثر
3) التفاعل ماص للحرارة لذا عند خفض درجة الحرارة سوف يتجه نحو اليسار تقل قيمة ثابت الاتزان.
4) العامل المساعد لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

تمرين (2-8) يصل مزيج الغازات الموضوعة في وعاء مغلق عند °25C الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي:-

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/mol$$

صف عدد من الإجراءات التي تؤدي لرفع كمية غاز C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل.

الجواب/

1- زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم.

2- سحب غاز C_2H_6 باستمرار.

3- كون التفاعل باعث يجب خفض(تبريد) درجة الحرارة باستمرار.

4- زيادة الضغط لتقليل الحجم وبالتالي سيتجه التفاعل نحو النواتج لانها اقل عدد مولات

مثال(اضافي14) صف اربع اجراءات تؤدي لرفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

الجواب

1- سحب غاز الامونيا باستمرار. (لانه عند السحب من النواتج سيتجه التفاعل نحوه لتعويض النقص الحاصل)

2- زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم (للتخلص من فائض المتفاعلات يتجه نحو النواتج)

3- خفض درجة الحرارة. (لان التفاعل باعث بخفض الحرارة يتجه نحو النواتج)

4- زيادة الضغط (بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية)

تمرين (2-6) اثيل ايثانوات مذيب جيد لطلاء الاظافر يحضر من اضافة حامض الخليك الى كحول الاثيل

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O_{(g)}$$

اقترح بصفتك مهندس كيميائي كيف يمكنك زيادة المنتوج من اثيل ايثانوات بتغير التراكيز.

الجواب/

1- زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم اي زيادة الحامض والكحول.

2- سحب غاز النواتج باستمرار. اي سحب اثيل ايثانوات باستمرار.

عيش الحلم وحوله حقيقة كم انت جميل طالب التطبيقي

10-2 أهمية ثابت الاتزان

يمكن من خلال قيم ثوابت الاتزان يمكن معرفة نواتج التفاعل فالقيم العالية للثوابت تعني نسبة عالية من النواتج مقارنة بالمواد المتفاعلة تعني نسبة عالية من النواتج مقارنة بالمواد المتفاعلة .

حيث القيم الكبيرة من 10^{n} فما فوق ينزاح نحو النواتج.

و القيم الصغيرة من 10^{-n} فما تحت ينزاح نحو المتفاعلات .

علل / يتفاعل الاوكسجين مع النتروجين لتكوين غاز اول اوكسيد النتروجين مع ذلك تبقى نسب الاوكسجين والنتروجين ثابتة؟

ج/ ان بقاء نسب الاوكسجين والنتروجين ثابتة فهذا يدل على شئ واحد فقط وهو ان قيمة ثابت الاتزان للتفاعل قليلة وهذا يعني ان التفاعل ينزاح نحو المتفاعلات اي التفاعل غير وارد من الناحية العلمية او يحدث بصعوبة كبيرة

س25 من اسئلة الفصل/ ما العلاقة بين ظاهرة الاحتباس وزيادة كمية غاز NO_2

الجواب / العلاقة طردية بزيادة كمية غاز NO_2 يزداد الاحتباس الارضي وبالتالي تزداد درجة حرارة الارض لذا يجب التخلص باستمرار من غاز NO_2

2 – 11 اهمية قاعدة لو – شاتليه

يستفاد من قاعدة لو شاتليه في زيادة انتاج المصانع والمعامل وذلك من خلال التحكم في اتجاه التفاعل وتاثير الضغط وتأثير درجة الحرارة كمثال نأخذ مثال تصنيع حامض الكبريتيك بطريقة التلامس والتي تتضمن.

1) **احتراق الكبريت في الهواء عند** 1000C°

$$S_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

2) **تفاعل مزيد من الهواء بوجود** V2O5 **لتكوين** SO_3

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

3) **امتصاص** SO_3 **باضافة حامض الكبريتيك المركز لتكوين حامض الكبريتيك الداخن .**

$$SO_{3(g)} + H_2SO_{4(l)} \longrightarrow H_2S_2O_{7(l)}$$

4) **اضافة الماء لتكوين حامض الكبريتيك بالتركيز المطلوب.**

$$H_2O_{(l)} + H_2S_2O_{7(l)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)}$$

يتم في هذا التفاعل استغلال الخطوة الثانية لانها تفاعل انعكاسي لكي تعطي مزيد من الانتاج يجب اتخاذ الخطوات التالية.

1) **ادخال كميات من الهواء لانها ستؤدي ازاحة التفاعل نحو اليمين طبقا لقاعدة لو شاتليه**
2) **ازاحة** SO_3 **باضافة حامض الكبريتيك اولا ثم الماء . كما معلوم بازاحة النواتج يتجه التفاعل يمينا**
3) **كون التفاعل باعث سيتم تبريد التفاعل لان في التفاعلات الباعثة سيؤدي الى الاتجاه يمينا بزيادة درجات الحرارة**
4) **استخدام ضغوط عالية تؤدي الى اتجاه التفاعل يمينا كونها الاقل عدد مولات غازية**



حل الاسئلة الخاصة بقاعدة لي شاتليه

سؤال (2–7) للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة

$$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$$

كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا؟

1) عند زيادة الضغط 2) رفع درجة الحرارة 3) سحب غاز N_2O_4

الاجوبة :-

1) عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو النواتج : لانه بزيادة الضغط يقل الحجم وبالتالي يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية .

2) رفع درجة الحرارة : - يتجه التفاعل نحو المتفاعلات :- لان التفاعل باعث وفي التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات للتخلص من الفائض الحراري.

3) سحب غاز N_2O_4: يتجه التفاعل من المتفاعلات نحو النواتج لتعويض النقص الحاصل في عملية سحب غاز N_2O_4

سؤال(2-8) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \quad \Delta H= 38.5 \text{ kJ/mol}$$

1) خفض درجة الحرارة. 2) إضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان.

3) سحب PCl_3 من خليط الاتزان. 4) زيادة الضغط على خليط الاتزان

5) إضافة العامل المساعد.

الاجوبة/

1) التفاعل ماص للحرارة سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) وتقل قيمة ثابت الاتزان.

2) سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان.

3) سيتجه نحو اليمين (النواتج) ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان.

4) سيتجه نحو المولات الاقل اي نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان

يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

سؤال(2-9) التفاعل المتزن الاتي

$$2SO_{2(g)} + O_{2\ (g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

انثالبي التفاعل = 198.2- ماذا يحدث للتراكيز SO_2 و O_2 و SO_3 عند الاتزان بعد

1- زيادة درجة الحرارة التفاعل. 2- خفض الضغط المسلط على التفاعل.

3- زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان 4- إضافة عامل مساعد.

العامل	$[SO_3]$	$[O_2]$	$[SO_2]$
زيادة درجة الحرارة	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
خفض الضغط المسلط	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
زيادة تركيز SO_2	يزداد تركيزه	يقل تركيزه	يقل تركيزه بعد الزيادة
إضافة عامل مساعد	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر

سؤال (2-10) للتفاعل المتزن الباعث للحرارة

$$2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان

1) خفض الضغط المسلط 2) تبريد اناء التفاعل.

الاجوبة :-

1) **عند خفض الضغط:-** بخفض الضغط يزداد الحجم وبالتالي يتجه التفاعل نحو المتفاعلات ولا يتأثر ثابت الاتزان.

2) **تبريد اناء التفاعل:-** بما ان التفاعل باعث يتجه التفاعل نحو النواتج وتزداد قيمة ثابت الاتزان.

مثال اضافي15 التفاعل الاتي ماص للحرارة يجري في اناء مغلق.

$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الاتي

1 ـ تقليل حجم الاناء؟ الجواب / ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي).

2 ـ إضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان؟ الجواب / لا يؤثر. لانه مادة صلبة.

3 ـ سحب مزيد من CaCO3 لخليط الاتزان؟ الجواب / لا يؤثر. لانه مادة صلبة.

4 ـ إضافة مزيد من CO2 لخليط الاتزان؟ الجواب/ ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي).

5 ـ زيادة درجة الحرارة؟ الجواب/ ينزاح التفاعل نحو النواتج (إمامي)

سؤال(2-13) للتفاعل المتزن $A \rightleftharpoons 2B$

من خلال الجدول التالي أحسب Kc للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص او باعث

رقم التفاعل	A(mol/L)	B(mol/L)	درجة الحرارة/ C°
1	0.01	0.8	127
2	0.1	0.7	300

الحل/ التفاعل الاول

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]}$$

$$K_c = \frac{(0.8)^2}{(0.01)} = = \frac{(0.064)}{(0.01)} = 64$$

التفاعل الثاني

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]}$$

$$K_c = \frac{(0.7)^2}{(0.1)} = \frac{(0.49)}{(0.1)} = \frac{(49)}{(10)} = 4.9$$

ولمعرفة التفاعل ماص او باعث ج/ نلاحظ انه كلما ارتفعت درجة الحرارة قيم ثابت الاتزان تقل اي ان التفاعل يتجه نحو المتفاعلات وبالتالي يعتبر التفاعل باعث لانه في التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل يسارا للتخلص من لفائض الحراري.

سؤال (22-2) للتفاعل التالي

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

وجد ان خليط الاتزان بحرارة 25C يحتوي على $[SO_3]=0.002M$ و $[SO_2]=0.08M$ و $[O_2] = 0.01M$ وعند تبريد التفاعل الى 10C° وجد Kc =4 هل التفاعل باعث ام ماص.

الحل/ نجد Kc عند حرارة 25C°

$$Kc = \frac{[SO2]^2 x\ [O2]}{[SO3]^2}$$

$$Kc = \frac{(0.08]^2 x\ [0.01]}{[0.002]^2} = 16$$

وعليه نلاحظ انه عند خفض درجة الحرارة قلت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو المتفاعلات اي التفاعل ماص.

التفاعل	الثابت	الحرارة
الاول	16	25 C°
الثاني	4	10K

للحفظ حقيقة وللوضوح اكثر لمعرفة التفاعل باعث او ماص
نعمل مقارنه بين الثابت والحرارة
اذا شفنا اثنينهن زادن او قلن التفاعل ماص
واذا وحدة قلت ووحدة زادت التفاعل باعث

اثرائي يشمل على كل مواضيع لي شاتليه:- واجب

للتفاعل التالي

$$2A_{(g)} + B_{(S)} + 100kJ \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(l)} + E_{(aq)}$$

ماذا يحدث لحالة الاتزان وثابت الاتزان في الحالات التالية.

1. سحب تراكيز منA ج/
2. اضافة تراكيز الىB ج/
3. سحب تراكيز منC ج/
4. سحب تراكيز منD ج/
5. اضافة تراكيز الىE ج/
6. زيادة الضغط. ج/
7. زيادة الحجم. ج/
8. تسخين اناء التفاعل ج/
9. خفض درجة الحرارة ج/
10. اضافة عامل مساعد ج/



حل المتبقي من اسئلة الفصل الثاني

س1 / املأ الفراغات التالية.

1- في التفاعل الاتي $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تركيز المواد **الناتجة**

2- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc لنظام متزن عند 500C° تساوي 2×10^{-15} وقيمته عند 200C° يساوي 4×10^{-12} ذلك يدل على ان التفاعل **باعث** للحرارة

فكرة عن نقطة2 الحرارة قلت الحرارة قيمة الثابت زادت التفاعل باعث

3- في التفاعل الاتي $Co_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH + 127KJ$ عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام فان حرارة التفاعل **ترتفع**.

فكرة عن نقطة 3(التفاعل باعث اضافة H_2 يتجه التفاعل نحو الأمامي الذي هو باعث واذا التفاعل اتجه نحو الباعث ترتفع الحرارة)

4- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند **زيادة** درجة الحرارة

5- في التفاعل المتزن $2CO_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + C_{(s)}$ فأن **خفض** الضغط يزيد من استهلاك CO_2

فكرة عن نقطة 5(عبارة يزيد من استهلاك CO_2 يعني اتجاه التفاعل الحقيقي نحو النواتج التي مولاتها 2 بينما المتفاعلات 1 مول لان الكاربون لا يحسب كونه صلب وبذلك نحتاج الى خفض الضغط حتى يزداد الحجم ومنه يذهب نحو النواتج الأكبر عدد مولات)

6- في التفاعل المتزن الاتي $N_2 + O_2 + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_2$ فان رفع درجة الحرارة لاناء التفاعل يعمل على **زيادة** قيمة Kc. (زيادة النواتج يعني زيادة قيمة Kc).

7- التغير **بالضغط** لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ (مولات النواتج = مولات المتفاعلات)

8- للتفاعل المتزن $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl$ + طاقة يمكن زيادة تركيز HCl عند **خفض** الحرارة للتفاعل.

9- في التفاعل المتزن $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ وبحرارة معينة اذا كانت قيمة Kp للتفاعل = 3 والضغط الجزيئي لغاز NO_2 = 3atm فان الضغط الجزيئي لغاز N_2O_4 = 3atm.

الحل/ واجب

10- في تفاعل ما وجد ان قيمة Kc = 1×10^{28} يدل على ان موضع التفاعل في اتجاه تكوين النواتج. (كلما K_{eq} كبيرة تجاه النواتج صغيرة تجاه المتفاعلات).

11- عند رفع الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد مولات الغازات المتفاعلة أصغر من عدد مولات الناتجة فان التفاعل يتجه نحو **المتفاعلة** .(زيادة ضغط تقليل حجم فيذهب نحو الاصغر)



12– العلاقة بين ثابت الاتزان وتراكيز النواتج طردية.

13– تفاعل فيه Kc = 4 عند سحب النواتج من خليط الاتزان فان ثابت الاتزان لا يتأثر.

14– يترجح التفاعل الخلفي لتفاعل متزن ماص عند تبريد اناء التفاعل

15– فى التفاعلات الماصة تزداد تراكيز المواد الناتجة عند زيادة درجة الحرارة.

س2 / اختر الإجابة الصحيحة (مرشح هكذا نوع من الاسئلة).

1. التفاعل المتزن $CO_{2(g)} + CaO_{(s)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما

أ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان. ب- يزداد الضغط الكلي .
جـ - تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان. د - كل الاجابات السابقة خطأ.

2. التفاعل المتزن $I_2 + F_2 \rightleftharpoons 2IF$ ثابت الاتزان Kp يساوي 1×10^6 بدرجة حرارة 2000K فاذا كان الضغط الجزيئي لغاز IF عند الاتزان = 0.2 atm و 4×10^{-3} لغاز F_2 فان الضغط الجزيئي لغاز I_2 =

أ- 5×10^4 atm ب- 1×10^{-5} جـ- 1×10^5 د- جميع الاجابات خطأ

س3/ علل ما يأتي (على الأغلب تعليل وزاري)

1- في التفاعل المتزن طاقة + $A \rightleftharpoons B$ لا تتغير حرارة التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.

الجواب/ وذلك لان عدد مولات المواد الناتجة وعدد مولات المواد المتفاعلة متساوي لذا لن يتأثر موضع الاتزان وبالتالي لن تتغير حرارة التفاعل لان كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة.

2- قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جدا.

الجواب / وذلك لان التفاعلات غير الانعكاسية يكون احد تراكيزها او جميعها للمواد المتفاعلة = صفر لانها تستهلك تماما لذا فالكمية الناتجة تكون كبيرة وبالتالي قيمة ثابت الاتزان كبيرة.

3 - يعد التفاعل باعثا للحرارة اذا انخفضت قيمة Kc للتفاعل عند زيادة درجة الحرارة.

الجواب/ لانه كما هو معروف في التفاعلات الباعثة عند زيادة درجة الحرارة سيتجه التفاعل نحو المتفاعلات وبالتالي تقل قيمة ثابت الاتزان Kc

4 - قيمة Kc ترتفع عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة.

الجواب / لان في التفاعلات الماصة للحرارة عند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الإمام اي تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات وان Kc تزداد بزيادة تركيز النواتج.

5- تتوقف بعض التفاعلات تماما بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة.

الجواب/ التفاعلات التي تتوقف هي تامة لانه يحدث استهلاك تام للمواد المتفاعلة جميعها او أحد منها اما التي تظهر وكأنها متوقفة فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين وصلت الى حالة الاتزان وأصبحت التراكيز ثابتة.

6- لا يمكن اضافة الماء مباشرة لازاحة SO_2 في برج التلامس

الجواب/ لان عند خلطهما يتكون ضباب كثيف من حامض الكبريتيك لا يمكن تكثيفه وتحويله الى سائل بسهولة كما ان الحامض الضبابي يعتبر مصدرا خطيرا للتلوث.

Notes



مُهَنَّد علي السُّوداني



الفصل الثالث

الاتزان الأيوني

ملازم دار المغرب
07702729223

الفصل الثالث الاتزان الايوني

جدول الحوامض والقواعد والأملاح

الحوامض القوية	الصيغة الكيميائية	الحوامض الضعيفة	الصيغة الكيميائية
حامض الكبريتيك	H_2SO_4	حامض الهيدروفلوريك	HF
حامض النتريك	HNO_3	حامض الهايدروسيانيك	HCN
حامض الهيدروكلوريك	HCl	حامض الكاربونيك	H_2CO_3
حامض الهيدروبروميك	HBr	حامض الفسفوريك	H_3PO_4
حامض الهيدرويوديك	HI	حامض الخليك	CH_3COOH
حامض البيركلوريك	$HClO_4$	حامض البنزويك	C_6H_5COOH
حامض الكروميك	H_2CrO_4	حامض النتروز	HNO_2
حامض فوق المنغنيك	$HMnO_4$	8- حامض الفورميك	$HCOOH$
		9- حامض الكبريتوز	H_2SO_3
		10- حامض الفينول	C_6H_5OH
القواعد القوية	**الصيغة الكيميائية**	**القواعد الضعيفة**	**الصيغة الكيميائية**
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	الامونيا	NH_3
هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH$	الانيلين	$C_6H_5NH_2$
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$	البيريدين	C_5H_5N
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	مثيل امين	CH_3NH_2
هيدروكسيد الليثيوم	$LiOH$	هيدروكسيد الفضة	$AgOH$
هيدروكسيد الروبيديوم	$RbOH$		
هيدروكسيد المغنسيوم	$Mg(OH)_2$		

ملاحظـــــــات

1- الحوامض القوية هي ثمانية حوامض كما هو واضح يمكن حفظها واعتبار باقي الحوامض ضعيفة هذه الحوامض تتفكك بشكل تام لذا ليس لها ثابت اتزان لذا اي حامض يعطى له ثابت اتزان في المواضيع القادمة هو حامض ضعيف (K_a) هو ثابت الحوامض.

2- نفس الأمر ينطبق على القواعد القوية اي القواعد القوية ليس لها ثابت اتزان لانها تتفكك بشكل تام او بالأحرى لا يمكن قياس K_b لها كما يمكن ملاحظة ان اغلب القواعد القوية تنتهي ب (OH) عدا هيدروكسيد الفضة.

3- لاحظ هناك حوامض ضعيفة تم تأشيرها تنتهي ب (OH) هي حوامض عضوية وليست قواعد كما انها حوامض أحادية البروتون.

4- اغلب هذه الحوامض والقواعد حينما تتأين بالماء ليس شرط كتابة الماء في المعادلة مباشرة تكتب عملية التحلل عدا القواعد الضعيفة يكتب الماء في المعادلة لإظهار ايون الهيدروكسيد.

5- هناك أملاح كثيرة ذوبان واملاح شحيحة الذوبان وإعدادها كثيرة والنوعين من ضمن منهاج الدراسة كيف نفرق؟ للأملاح الشحيحة الذوبان ثابت يدعى ثابت حاصل الاتزان K_{sp} حينما يعطى في السؤال او يطلب (مجهول) فالملح شحيح الذوبان.

1) الحامض الضعيف

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_{\text{متبقي}}}$$

درجة تفكك الحامض = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للحامض}]}$

٪لتفكك للحامض = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للحامض}]}$ x 100٪

او ٪لتفكك للحامض = درجة التفكك x 100%

$PKa = - \log Ka$ $\quad Ka = 10^{-Pka}$

$PH = - \log[H^+]$ $\quad [H^+] = 10^{-PH}$

2) القاعدة الضعيفة

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]_{\text{متبقي}}}$$

درجة تفكك القاعدة = $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للقاعدة}]}$

٪لتفكك للقاعدة = $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للقاعدة}]}$ x 100٪

او ٪لتفكك للقاعدة = درجة التفكك x 100%

$PK_b = - \log K_b$ $\quad K_b = 10^{-Pkb}$

$POH = - \log[OH^-]$ $\quad [OH^-] = 10^{-POH}$

3) محلول بفر لمزيج مكون من حامض ضعيف وملحه.

$$PH = PKa + \log \frac{[Salt]}{[acid]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$PH = PKa + \log \frac{[Salt]-[H+]}{[acid]+[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$PH = PKa + \log \frac{[Salt]+[OH-]}{[acid]-[OH-]}$$

4) محلول بفر لمزيج مكون من قاعدة ضعيفة وملحها.

$$POH = PK_b + \log \frac{[Salt]}{[base]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log \frac{[Salt]+[H+]}{[base]-[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log \frac{[Salt]-[OH-]}{[base]+[OH-]}$$

4) الذوبانية (S)

$$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

$$K_{SP} = [A^+][B^-]$$

$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

7) ثابت التأين للماء

$$PH + POH = 14$$

$$Kw = 1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$$

6) قوانين اخرى سابقة مهمة للفصل

قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

قبل الاضافة ... بعد الاضافة

قانون المولارية

$$M = \frac{m}{M \times V_{(L)}}$$

ومنه القانون المهم جدا جدا التالي

$$m = M \times M \times V_{(L)}$$

3-1مقدمة : اغلب التفاعلات تجري في المحاليل لذلك تعتبر المحاليل مهمة جدا في الكيمياء وان اغلب المحاليل تحضر باستعمال الماء او المذيبات العضوية لكن ما سيعتمد عليه هو المحاليل المائية.

3-2 المواد الالكتروليتية والمواد غير الالكتروليتية

المحلول المائي :- هو مزيج متجانس من ذوبان المذاب في المذيب(الماء).

وصنفت المحاليل على هذا الاساس الى صنفين

1- **الالكتروليتات:-** هي المواد التي يمكن لمحاليلها المائية القابلية علـــى التوصيل الكهربائي مثل كلوريد الصوديوم.

2- **المواد غير الالكتروليتية:-** هي المواد التي تكون لمحاليلها المائية عدم القابلية على التوصيل الكهربائي مثل السكروز.

تصنف الالكتروليتات الى صنفين

1. **الالكتروليتات القوية :** وهي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل عالية التوصيل الكهربائي علل (وذلك بسبب تفككها التام في محاليلها المائية).ومن الامثلة عليه حامض HCl و NaCl و NaOH

عملية تفكك هذه الالكتروليتات يمكن تمثيلها بالمعادلات التالية

$$HCl \longrightarrow H^{+} + Cl^{-}$$
$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^{+} + SO_4^{-2}$$

لاحظ المعادلة من سهم باتجاه واحد اي تفكك تام.

$$NaOH \longrightarrow Na^{+} + OH^{-}$$
$$KNO_3 \longrightarrow K^{+} + NO_3^{-}$$

بشكل عام هناك 3 فئات من الالكتروليتات القوية.

1. الحوامض القوية
2. القواعد القوية
3. معظم الاملاح الذائبة في الماء



س / كيف تحسب تراكيز الايونات في محاليل الالكتروليتات القوية؟

ج / تحسب مباشرة من تراكيز الالكتروليتات القوية كما في الامثلة ادناه.

مثال (3-1) احسب التراكيز المولارية لايون Ba^{+2} وايون OH^- في محلول 0.03M هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$.

$$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$Ba(OH)_2$	Ba^{+2}	$2OH^-$
0.03	0	0
0	0.03	0.06

وعليه تركيز $[Ba^{+2}]$ في المحلول = 0.03M

تركيز $[OH^-]$ في المحلول = 0.06M

تمرين (3-1) احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها 1) 0.2M من HBr 2) 0.05M من KOH 3) 0.1 من $CaCl_2$

الحـــــل/

1) $HBr \longrightarrow H^+ + Br^-$

HBr	H^+	Br^-
0.2	0	0
0	0.2	0.2

2) $KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

KOH	K^+	OH^-
0.05	0	0
0	0.05	0.05

3) $CaCl_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2Cl^-$

$CaCl_2$	Ca^{+2}	$2Cl^-$
0.1	0	0
0	0.1	0.2

مثال اضافي1 احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها 1) 0.33M من H_2CrO_4 2) 0.05M من $Ca(OH)_2$

الحـــــل/

1) $H_2CrO_4 \longrightarrow 2H^+ + CrO_4^{-2}$

H_2CrO_4	$2H^+$	CrO_4^{-2}
0.33	0	0
0	0.66	0.33

2) $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2OH^-$

$Ca(OH)_2$	Ca^{+2}	$2OH^-$
0.05	0	0
0	0.05	0.1

2ـ **الالكتروليتات الضعيفة** : هي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل ضعيفة التوصيل الكهربائي علل(لكونها تتأين بشكل محدود في الماء) ومن الامثلة عليها حامض الخليك CH_3COOH والامونيا NH_3 واملاح شحيحة الذوبان مثل $AgCl$.

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$HCN_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

لاحظ: عند ثبوت درجة الحرارة تتفكك جزيئات حامض الخليك الضعيف في محلوله المائي لينتج عنه ايونات الهيدروجين H^+ وايونات الخلات CH_3COO^- وفي نفس الوقت تتحد هذه الايونات مع بعضها لتكوين حامض الخليك (تفاعل خلفي) وعند الوصول الى حالة اتزان سيصبح له ثابت اتزان يعبر عن تراكيز المحاليل .

$$K_c = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

مثال عام اكتب التعبير الرياضي لحساب قيمة Kc لمحلول الامونيا المخفف.

الجواب / نكتب معادلة تفكك الامونيا

للاطلاع

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_{eq} = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]}$$

بما ان المذيب هو الماء الذي له قيمة ثابتة هي 55.55 M تم استنتاجها بالصورة التالية

$$\rho\ H_2O = 1\ Kg / L = 1000g / L$$

$$M(H_2O) = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18\ g/mol$$

$$M = \frac{m(g)}{M\ (g/moL) \times V(L)} = \frac{1000(g)}{18\ (g/moL) \times 1(L)} = 55.55\ M$$ حفظ

يدمج هذا الثابت مع K_{eq} لينتج K_C وعلية سيكون ثابت الامونيا كالاتي

$$K_C = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

وعليه يجب الانتباه عندما يكون الماء هو المذيب عند التعبير عن قيم KC لن نكتب قيمة [H2O] في قانون ثابت الاتزان لانها قيمة ثابتة دخلت مع قيمة ثابت الاتزان.

3-3 تفكك الالكتروليتات الضعيفة.

كما مر سابقا فان تعريف الحامض والقاعدة حسب نظرية برونشتد يكون كالاتي:-

الحامض :- هي المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون لتكوين قاعدة قرينة.

حامض ⇌ قاعدة قرينة + بروتون

القاعدة :- هي المادة التي لها القابلية على اكتساب بروتون لتكوين حامض قرين.

بروتون + قاعدة ⇌ حامض قرين

الحوامض الضعيفة:- تعد الكتروليتات ضعيفة لان عملية تفككها في الوسط المائي تخضع الى حالة اتزان بين الجزيئات غير المتفككة والايونات الناتجة يمكن التعبير عنها بواسطة ثابت الاتزان.

المعادلة العامة لتفكك الحوامض الضعيفة

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

وعليه علاقة ثابت الاتزان ستكون بالصور التالية

ليس هناك فرق بين H_3O^+ و H^+

$$Ka = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

$$Ka = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

هذه من سيعتمد عليها

Ka (a من acid وتعني حامض) وهي تمثل ثابت تفكك الحامض او ثابت التأين للحامض الضعيف.

ملاحظات حسابية لمسائل الحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة.

1. نكتب معادلة تفكك الحامض القوي او القاعدة الضعيفة

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \qquad B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

2. نكتب الفرضية من حقلين فقط حيث تمثل X تركيز ايونات [H+] للحامض و [OH⁻] للقاعدة.

	HA	⇌	H^+	+ A^-
	M		0	0
	M - X		X	X

	B + H_2O	⇌	BH^+	+ OH^-
	M		0	0
	M – X		X	X

يهمل

3. يستعمل اسلوب التقريب وذلك باهمال قيمة X المطروحة بالحالات التالية.
   - أ. اذا كانت قيمة K_a او K_b = 10^{-5} , 10^{-6} ـــــ الخ.
   - ب. درجة التفكك او التأين = 0.05 فما تحت ج. النسبة المئوية للتأين = 5٪ فما تحت.
4. تستخدم طريقة الدستور في حالة عدم اهمال قيمة X. (لن نستخدمها في المنهاج)
5. درجة التفكك = $\frac{\text{(تركيز الجزء المتأين)}}{\text{التركيز الابتدائي للمادة}}$
6. النسبة المئوية للتفكك = $\frac{\text{(تركيز الجزء المتأين)}}{\text{التركيز الابتدائي للمادة}}$ X 100٪ ⟸ وعليه النسبة المئوية للتفكك = درجة التفكك x 100٪
7. سير اتجاه التفاعل دائما امامي.

ايضا احفظ قانون التخفيف وهو عدد مرات التخفيف = $\frac{M1}{M2}$ ⟸ $M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$

مثال 3-2 أحسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في 0.1M في محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التأين والنسبة المئوية لتفكك الحامض علما ان Ka للحامض = 1.8×10^{-5}

للفائدة $\sqrt{1.8} = 1.34$

الحل /

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$Ka = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ ← يهمل

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$ نأخذ الجذر التربيعي

$$X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$$

2) درجة التفكك = $\frac{[H+] \text{ عند الاتزان}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.3 \times 10^{-2}$$

3) النسبة المئوية للتفكك = $\frac{[H+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]} \times 100\%$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100\% = 1.3\%$$

حل اخر للنسبة المئوية = درجة التفكك $\times 100\% = 1.3 \times 10^{-2} \times 100\% = 1.3\%$

تمرين (3-3) محلول لحامض الهيدروسيانيك HCN تركيزه 0.1M و Ka له = 4.9×10^{-10} ؟ احسب تركيز H^+ له درجة التفكك النسبة المئوية

الحل /

$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$

HCN	H^+	CN^-
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

$$4.9 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.1-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 0.49 \times 10^{-10}$$ بالجذر التربيعي

$$X^2 = 49 \times 10^{-12}$$

$$X = 7 \times 10^{-6}\ M = [H^+]$$

درجة التفكك = $\frac{[H^+] \text{ عند الاتزان}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$

$$= \frac{7 \times 10^{-6}}{0.1} = 7 \times 10^{-5}$$

النسبة المئوية = درجة التفكك $\times 100\%$

النسبة المئوية = $7 \times 10^{-5} \times 100\%$ =

0.007%

القواعد الضعيفة:- وتعرف حسب مفهوم برونشتد على انها التي لها القابلية على اكتساب البروتونات ولها ثابت تفكك K_b

أشهر القواعد الضعيفة

1. الامونيا NH_3
2. الانيلين $C_6H_5NH_2$ او C_6H_7N
3. البريدين C_5H_5N
4. مثيل امين CH_3NH_2

حفظ صيغة وأسم

يعبر عن الاتزان الايوني في هذه المعادلات بكتابة H_2O في المعادلة لإظهار $[OH^-]$ في النواتج.

والمعادلة العامة هي $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$

ذرة هيدروجين واحدة فقط تنتقل.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

س/ أكتب معادلات تفكك القواعد الاربعة اعلاه

$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$C_6H_5NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$C_5H_5N + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$CH_3NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons$

مثال اضافي2 احسب تركيز $[OH^-]$ ودرجة التأين والنسبة المئوية للمحلول المائي للأمونيا الذي تركيزه = 0.2 علما K_b للامونيا = 1.8×10^{-5}

للفائدة $\sqrt{3.6} = 1.9$

الحل/

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

	NH_3	NH_4^+	OH^-
	0.2	0	0
	0.2 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.2-X}$$ يهمل

$X^2 = 0.36 \times 10^{-5} = 3.6 \times 10^{-6}$ بالجذر التربيعي

$X = 1.9 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$

درجة التأين = $\frac{[OH^-]}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$

درجة التأين = $\frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} = 9.5 \times 10^{-3}$

النسبة المئوية للتأين = درجة التفكك × 100٪

النسبة المئوية للتأين = $9.5 \times 10^{-3} \times 100 = 0.95\%$

تمرين 3-2 أحسب OH^- للمحلول المائي للانيلين C_6H_7N $K_b = 3.8 \times 10^{-10}$ وتركيزه = 0.1M للفائدة $\sqrt{38} = 6.2$

الحل/

$C_6H_7N + H_2O \rightleftharpoons C_6H_7NH^+ + OH^-$

	C_6H_7N	$C_6H_7NH^+$	OH^-
	0.1	0	0
	0.1 – X	X	X

$$K_b = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C6H7N]}$$

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{[X^2]}{0.1-X}$$ يهمل

$X^2 = 3.8 \times 10^{-11} = 38 \times 10^{-12}$ بالجذر التربيعي

$X = 6.2 \times 10^{-6}\ M = [OH^-]$

ملاحظة مهمة جدا يجب التركيز عليها ومهمة جدا للمواضيع اللاحقة

في حالة اذا كان الثابت مجهول او التركيز الابتدائي للالكتروليت الضعيف ويمكن الوصول الى تراكيز او H^+ او OH^- يمكن تطبيق القوانين التاليه مباشرة دون كتابه معادلة التأين

أ ـ للحوامض الضعيفة

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

حيث Y تركيز الحامض الابتدائي

ب ـ للقواعد الضعيفة

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{Y}$$

حيث Y تركيز القاعدة الابتدائي

مثال اضافي 3 يتأين حامض الخليك CH_3COOH في محلوله المائي ذو التركيز 0.01M بمقدار 4.2% أحسب ثابت تأين الحامض؟

الحل/

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

Y = تركيز الحامض الابتدائي 0.01 M

النسبة المئوية للتأين = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$ x 100%

$$\%100 \times \frac{[H^+]}{[0.01]} = \%4.2$$

$$[H^+] = \frac{4.2 \times 0.01}{100} = 4.2 \times 10^{-4} M$$

$$K_a = \frac{(4.2 \times 10^{-4})^2}{[0.01]}$$

$$K_a = \frac{17.64 \times 10^{-8}}{[10^{-2}]} = 17.64 \times 10^{-6} = 1.76 \times 10^{-5}$$

مثال اضافي 4 أذا علمت ان درجة التفكك المئوية 0.1M من حامض HCN = 0.01% كم هو ثابت تأين هذا الحامض؟

الحل/

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

Y = تركيز الحامض الابتدائي 0.1 M

النسبة المئوية للتأين = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$ x 100%

$$\%100 \times \frac{[H^+]}{[0.1]} = \%0.01$$

$$[H^+] = \frac{0.01 \times 0.1}{100} = 10^{-5} M$$

$$K_a = \frac{(10^{-5})^2}{[0.1]}$$

$$K_a = \frac{10^{-10}}{[10^{-1}]} = 10^{-9}$$

4-3 التأين الذاتي للماء

هو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال البروتون من جزئ ماء الى جزئ اخر لتكوين ايون الهيدرونيوم H_3O^+ و OH^-

البرتنة : عملية انتقال البروتون من جزئية ماء الى جزيئة ماء اخرى بصورة تلقائية وهي مسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

ويمكن كتابة المعادلة بصورة أبسط

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

وعليه

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

لاحظ ان تركيز الماء لم يكتب ايضا في المقام كون ان تركيز الماء قيمة ثابتة قد دخل مع ثابت K_w

بصورة عامة عملية تكوين H^+ مصاحبة دائما لعملية تكوين OH^-

وعليه تركيز H^+ دائما مساوي لتركيز OH^- في جزيئات الماء مما يجعل الماء محلولا متعادلا وقد اثبت الدراسات الحديثة التي أجريت على الماء ان تركيز $[H^+]$ في جزيئاته = 1×10^{-7} وكذلك تركيز $[OH^-]$

$$K_w = (10^{-7})^2 = 10^{-14}$$

ركز هنا :- كما ذكرنا ان الماء محلول متعادل ليس حامضي او قاعدي لذا اذا اضفنا اليه حامض يؤدي ذلك الى زيادة تركيز ايونات H^+ وحسب قاعدة لي شاتليه سيقلل هذا من تركيز ايونات OH^- للمحافظة على كمية Kw ثابتة والعكس صحيح. وخلاصة القول تكمن في التعابير ادناه.

$[H^+] < [OH^-]$ المحلول قاعدي.

$[OH^-] < [H^+]$ المحلول حامضي.

ملاحظات حسابية عن التأين الذاتي للماء

1- أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول حامضي نقوم بالآتي

أ- نستخرج تركيز H^+ من تركيز الحامض كما تعلمنا من طرق حساب تركيز H^+ للحامض الضعيف او القوي.

ب- نستخرج OH^- من العلاقة التالية $Kw = [H^+][OH^-]$ ومن العلاقة

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

2- أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول قاعدي نقوم بالآتي

أ- نستخرج تركيز OH^- من تركيز القاعدة القوية او الضعيفة

ب- نستخرج H^+ من العلاقة التالية $Kw = [H+][OH-]$ ومن العلاقة

$$[H+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$$

3- أذا اراد حساب H^+ من OH^- او بالعكس من العلاقة مباشرة $K_w = [H^+][OH^-]$

مثال 3-3 أحسب تراكيز H^+ و OH^- في 0.05 M من حامض النتريك HNO_3 ؟

الحل /

$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

HNO_3	H^+	NO_3^-
0.05	0	0
0	0.05	0.05

$$[H^+] = 0.05 = 5 \times 10^{-2}\ M$$

لأستخراج تركيز $[OH^-]$ نستخدم العلاقة أدناه

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[5 \times 10^{-2}]}$$

$$[OH^-] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[5 \times 10^{-2}]} = 2 \times 10^{-13}\ M$$

تمرين 3-4 احسب تراكيز ايونات H^+ المائية في محلول يحتوي ايونات OH^- المائية بتراكيز

أ) 0.01M

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[1 \times 10^{-2}]} = 1 \times 10^{-12}\ M$$

ب) $2 \times 10^{-9}M$

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[2 \times 10^{-9}]}$$

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[2 \times 10^{-9}]} = 5 \times 10^{-6}\ M$$

مثال اضافي5 احسب تراكيز H^+ و OH^- في 0.03M محلول قاعدة ضعيفة B علما ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة = 1.2×10^{-9}

الحل /

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

B	BH^+	OH^-
0.03	0	0
0.03 – X	X	X

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

$$1.2 \times 10^{-9} = \frac{[X^2]}{0.03 - X}$$ يهمل

$$X^2 = 0.036 \times 10^{-9}$$

$$X^2 = 36 \times 10^{-12}$$ بالجذر التربيعي

$$X = 6 \times 10^{-6}\ M = [OH^-]$$

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[6 \times 10^{-6}]}$$

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[6 \times 10^{-6}]} = 1.66 \times 10^{-9}\ M$$

حسابات في اللوغاريتم قبل الدخول الى موضوع الأس الهيدروجيني PH

1- اللوغاريتم المستخدم في هذا الفصل اللوغاريتم الاعتيادي العشري ويعرف بالصورة التالية.

$$\text{Log } Y = X \rightarrow Y = 10^{X}$$

$$\text{Log } 10^{Y} = Y$$

2- لاحظ القوانين التي تنطبق على اللوغاريتم

a) $\text{Log } Z \times Y = \text{Log } Z + \text{Log } Y$

مثال1/ جد قيمة $\text{Log } 5 \times 6$ **علما ان** $\text{Log } 5 = 0.7$ **و** $\text{Log}6=0.78$

$$\text{Log } 5 \times 6 = \text{Log } 5 + \text{Log } 6 = 0.7 + 0.78 = 1.48$$

مثال2 / جد قيمة لوغاريتم 7×10^{-3} **علما ان لوغاريتم** $7 = 0.845$

$$\text{Log } 7 \times 10^{-3} = \text{Log } 7 + \text{Log}10^{-3} = 0.845 - 3 = -2.155$$

b) $\text{Log } \frac{Z}{Y} = \text{Log } Z - \text{Log } Y$

مثال 3/جد قيمة $\text{Log } \frac{1.8}{1.2}$ **علما أن** $\text{Log}3 = 0.477$ $\text{Log}2 = 0.3$

$$\text{Log } \frac{1.8}{1.2} = \text{Log } \frac{18}{12} \quad \text{Log } \frac{3}{2} = \text{Log}3 - \text{Log}2 = 0.477 - 0.300 = 0.177$$

3- لاحظ كيفية ايجاد عدد اساسه 10 وفيه أس سالب

$$X= 10^{-2.32}$$

نضيف للاس 3+ و3- لماذا لان العدد الاولي 2 يعني لو كان مثلا 3.7 نضيف4+ و4- سيصبح بالصورة التالية

$$X = 10^{-2.32 +3 -3} \rightarrow X= 10^{0.68 -3} \rightarrow X= 4.8 \times 10^{-3}$$

ملاحظة : سيزودك بهذه المعلومة في السؤال $\text{Log}4.8 = 0.68$ فانت تقوم بأخذ الرقم الي بجانب اللوغاريتم وتعوضه عن القيمة التي ظهرت لك بالسؤال.

مثال4 جد قيمة Y اذا علمت ان $Y= 10^{-4.54}$ **علما ان** $\text{Log } 2.88 = 0.46$

$$Y = 10^{-4.54 + 5 - 5} \rightarrow Y= 10^{0.46 -5} \rightarrow Y= 2.88 \times 10^{-5}$$

3-5 الاس الهيدروجيني PH

يكون عادة التعامل مع التراكيز الصغيرة لأيونات H^+ و OH^- صعب جدا لذا تم اقتراح الاس الهيدروجيني PH (الدالة الحامضية) للتعبير عن حامضية المحلول.

والاس الهيدروكسيدي POH (الدالة القاعدية) للتعبير عن قاعدية المحلول.

وحسب العلاقات التالية

$$PH = -\text{Log}[H^+] = \frac{1}{[H^+]} \Longrightarrow [H^+] = 10^{-PH}$$

$$POH = -\text{Log}[OH^-] = \frac{1}{[OH^-]} \Longrightarrow [OH^-] = 10^{-POH}$$

أشتق علاقة تربط بين قيمتي PH و POH

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

نأخذ لوغاريتم طرفي المعادلة

$$\text{Log}[H+]\ [OH^-] = \text{Log}\ 10^{-14}$$

$$\text{Log}[H^+] + \text{Log}[OH^-] = \text{Log}\ 10^{-14}$$

نضرب طرفي المعادلة x 1−

$$(-\text{Log}[H^+]) + (-\text{Log}[OH^-]) = -\text{Log}\ 10^{-14}$$

$$PH + POH = 14$$

الجدول ادناه مهم جدا جدا ويجب حفظه

خلي نتطيك المفيد

PH تحت 7 حامضي

PH فوق 7 قاعدي

PH=7 متعادل

جدول يوضح طبيعة المحلول للقيم المختلفة ل PH و POH عند حرارة 25C°

القيم عند 25°C	الحالة العامة	طبيعة المحلول
PH < 7 < POH	PH < POH	حامضي
PH = 7 = POH	PH = POH	متعادل
PH > 7 > POH	PH > POH	قاعدي

مثال 3-4 أحسب قيمة PH محلول فيه تركيز ايونات $H^+ = 0.05$ علما ان Log 5 =0.7

$$PH = -\text{Log}[H^-]$$

$$PH = -(\text{Log}\ 0.05)$$

$$PH = -(\text{Log}\ 5 \times 10^{-2})$$

$$PH = -(\text{Log}\ 5 + \text{Log}10^{-2})$$

$$PH = -(0.7 - 2) = 1.3$$

ملاحظة مهمة جدا

1. العلاقة بين PH و POH علاقة عكسية.
2. العلاقة بين $[H^+]$ و $[OH^-]$ علاقة عكسية.
3. علاقة $[H^+]$ مع POH طردية ومع PH عكسية.
4. علاقة $[OH^-]$ مع PH طردية ومع POH عكسية.

تمرين 3-5 أحسب قيم الدالة الحامضية للمحاليل الاتية . علما ان $Log\ 6 = 0.78$

أ) $6 \times 10^{-4}M$ من حامض HCl

الحل/

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

HCl	H^+	Cl^-
6×10^{-4}	0	0
0	6×10^{-4}	6×10^{-4}

$PH = -Log\ [H^-]$

$PH = -(Log\ 6 \times 10^{-4})$

$PH = -(Log\ 6 + Log 10^{-4})$

$PH = -(0.78 + -4) = 3.22$

ب. $0.03\ M$ من حامض H_2SO_4

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

H_2SO_4	$2H^+$	SO_4^{-2}
0.03	0	0
0	0.06	0.03

$PH = -Log\ [H^+]$

$PH = -(Log\ 0.06)$

$PH = -(Log\ 6 \times 10^{-2})$

$PH = -(Log\ 6 + Log 10^{-2})$

$PH = -(0.78 - 2) = 1.22$

مثال 3-6 احسب $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH لمحلول حامض HCl تركيزه $0.015M$ علما ان $Log\ 1.5 = 0.18$

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

HCl	H^+	Cl^-
0.015	0	0
0	0.015	0.015

$[H+] = 0.015 = 1.5 \times 10^{-2}\ M$

$PH = -Log\ [H^+]$

$PH = -Log(1.5 \times 10^{-2})$

$PH = -(Log 1.5 + Log 10^{-2})$

$PH = -(0.18 - 2) = 1.82$

$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.5 \times 10^{-2}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{1.5 \times 10^{-2}}$

$[OH^-] = 6.7 \times 10^{-13}\ M$

$PH + POH = 14$

$POH = 14 - PH = 14 - 1.82 = 12.18$

قوانين مهمة جدا

تركيز الحامض القوي الاحادي البروتون = $[H^+]$

تركيز الحامض القوي الثنائي البروتون = $\frac{[H^+]}{2}$

تركيز القاعدة القوية الاحادية الهيدروكسيد = $[OH^-]$

تركيز القاعدة القوية الثنائية الهيدروكسيد = $\frac{[OH^-]}{2}$

تمرين 3-7 أذا علمت ان PH محلول حامض النتريك = 3.3 ما هي مولارية المحلول؟ علما ان $Log\ 5 = 0.7$

الحل / بما ان الحامض قوي واحادي البروتون.

$[HNO_3] = [H^+]$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-3.3+4-4}$

$[H^+] = 10^{0.7-4}$

$[H^+] = 5 \times 10^{-4}M = [HNO_3]$

مثال (3-5) أذا كانت PH محلول = 3.301 فكم يكون تركيز H^+ فيه ؟ علما ان $Log\ 5 = 0.699$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-3.301+4-4}$

$[H^+] = 10^{0.699} \times 10^{-4}$

$[H^+] = 5 \times 10^{-4} = 0.0005\ M$

مثال (3-7) احسب PH محلول الامونيا بتركيز $0.18M$ علما ان $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3		NH_4^+	OH^-
0.18		0	0
0.18 – X		X	X

$$Kb = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$1.8 \times 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.18 - X}$ → يهمل

$X^2 = (1.8)^2 \times 10^{-6}$ ناخذ الجذر التربيعي للطرفين

$X = 1.8 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$

$POH = -Log\ OH^- = -(Log 1.8 \times 10^{-3})$

$POH = -(Log 1.8 + Log 10^{-3})$

$POH = -(0.26 - 3) = 2.74$

$PH = 14 - POH = 14 - 2.74 = 11.26$

تمرين (3-9) احسب $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيز 0.015 M

وهل المحلول حامضي ام قاعدي؟ استفد من هذه المعلومة Log3 = 0.48

الحل/ واجب النتائج ستكون كالاتي

PH= 12.48 POH = 1.52 $[H^+] = 3.33 \times 10^{-13}$ M $[OH^-]$= 0.03M

تمرين (3- 8) اكمل الجدول التالي وهل هناك علاقة واضحة بين PH و POH ولماذا

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
0.15M HI	0.15	6.67×10^{-14}	0.82	13.18
0.06M RbOH	1.67×10^{-13}	0.06	12.78	1.22
0.02M $Ba(OH)_2$	2.5×10^{-13}	0.04	12.6	1.4
0.0003 $HClO_4$	0.0003	3.33×10^{-11}	3.53	10.47

log 15= 1.18 　 log 4= 0.6 　 log 6 = 0.78

$HI \longrightarrow H^+ + I^-$

	HI	H^+	I^-
	0.15	0	0
	0	0.15	0.15

$[H^+] = 0.15 = 15 \times 10^{-2}$ M

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -(\log 15 \times 10^{-2})$

$PH = -(\log 15 + \log 10^{-2})$

$PH = -(1.18 - 2) = 0.82$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{15 \times 10^{-2}}$

$[OH^-] = \frac{100 \times 10^{-14}}{15 \times 10^{-2}} = 6.67 \times 10^{-14}$

$PH + POH = 14$

$POH = 14 - PH = 14 - 0.82 = 13.18$

$RbOH \longrightarrow Rb^+ + OH^-$

	RbOH	Rb^+	OH^-
	0.06	0	0
	0	0.06	0.06

$[OH^-] = 0.06 = 6 \times 10^{-2}$ M

$POH = -\log[OH^-]$

$POH = -(\log 6 \times 10^{-2})$

$POH = -(\log 6 + \log 10^{-2})$

$POH = -(0.78 - 2) = 1.22$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-2}}$

$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{6 \times 10^{-2}} 1.67 \times 10^{-13}$ M

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH = 14 - 1.22 = 12.78$

$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^+ + 2OH^-$

	$Ba(OH)_2$	Ba^+	$2OH^-$
	0.02	0	0
	0	0.02	0.04

$[OH^-] = 0.04 = 4 \times 10^{-2}$ M

$POH = -\log[OH^-]$

$POH = -(\log 4 \times 10^{-2})$

$POH = -(\log 4 + \log 10^{-2})$

$POH = -(0.6 - 2) = 1.4$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-2}}$

$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{4 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^{-13}$ M

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH = 14 - 1.4 = 12.6$

$HClO_4 \longrightarrow H^+ + ClO_4^-$

	$HClO_4$	H^+	ClO_4^-
	0.0003	0	0
	0	0.0003	0.0003

$[H^+] = 0.0003 = 3 \times 10^{-4}$ M

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -(\log 3 \times 10^{-4})$

$PH = -(\log 3 + \log 10^{-4})$

$PH = -(0.47 - 4) = 3.53$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-4}}$

$[OH^-] = \frac{10 \times 10^{-15}}{3 \times 10^{-4}} = 3.33 \times 10^{-11}$ M

$PH + POH = 14$

$POH = 14 - PH = 14 - 3.53 = 10.47$

العلاقة بين PH وPOH علاقة عكسية كلما زادت الPH قلت ال POH والعكس صحيح



سؤال(3-3) ما عدد غرامات CH_3COOH (M=60g/mol) الواجب اضافتها الى 250mL من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 2.7 علما ان PKa للحامض =4.74
Log1.8 =0.26 Log2 =0.3

الحل/

$[H^+] = 10^{-PH}$
$[H^+] = 10^{-2.7+3-3}$
$[H^+] = 10^{0.3-3}$
$[H^+] = 2 \times 10^{-3}\ M = 0.002M$

$Ka = 10^{-PKa}$
$Ka = 10^{-4.74+5-5}$
$Ka = 10^{0.26-5}$
$Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(0.002)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.002)^2}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

$$Y = \frac{(4 \times 10^{-6})}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

$Y = 2.2 \times 10^{-1} = 0.22\ M$ تركيز الحامض الابتدائي

نجد كتلة الحامض من العلاقة التالية

$m = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$

$V(L) = \frac{250\ ml}{1000\ ml/L} = 0.25\ L$

$m = 0.22 mol_{/L} \times 60_{g/mol} \times 0.25_{(L)}$

$m = 3.3\ g$

سؤال(15-3) كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم(M = 56g/mol) اللازم اضافتها الى 200ml لتصبح قيمة PH = 11؟

الحل / ملاحظة هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية احادية الهيدروكسيد لذا بايجاد تركيز $[OH^-]$ = تركيز القاعدة.

$PH + POH = 14$
$POH = 14 - PH = 14 - 11 = 3$
$[OH^-] = 10\text{-}POH$
$[OH^-] = 10\text{-}3 = 0.001\ M = [KOH]$

نجد الكتلة من هذه العلاقة

$m(g) = M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L)$

$V(L) = \frac{200\ ml}{1000\ ml/l} = 0.2L$

$m(g) = 0.001(mol/L) \times 56(g/mol \times 0.2(L)$

$m(g) = 0.0112\ g$

مثال أضافي6 كم هي كتلة حامض الكبريتيك (M= 98g/mol) اللازم اضافتها الى 350ml لتصبح قيمة PH=2.4 علما ان Log 4 =0.6 ؟

الحل/

$[H^+] = 10^{-PH}$
$[H^+] = 10^{-2.4+3-3}$
$[H^+] = 10^{0.6-3}$
$[H^+] = 4 \times 10^{-3}\ M = 0.004M$

$[H_2SO_4] = \frac{[H^+]}{2} = \frac{[0.004]}{2} = 0.002M$

نجد الكتلة من هذه العلاقة

$m(g) = M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L)$

$V(L) = \frac{350\ ml}{1000\ ml/l} = 0.35L$

$m(g) = 0.002 mol/L \times 98\ g/mol \times 0.4(L)$

$m(g) = 0.0784\ g$

مثال أضافي7 ما عدد غرامات البردين C_5H_5N ($M=79g/mol$) الواجب اضافتها الى 400mL من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 10.6 علما ان PK_b للبردين =6.4
Log4 =0.6

الحل/ واجب ناتج الحل سيكون 12.64 g

مثال اضافي8 ماهي الكتلة المولية لحامض ضعيف تم اذابة 2.4g منه في 800ml للحصول على محلول PH له =3 علما ان Ka = 2×10^{-5}

الحل/

$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-3} = 0.001$$

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

$$2 \times 10^{-5} = \frac{(0.001)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.001)^2}{[2 \times 10^{-5}]} = \frac{(1 \times 10^{-6})}{[2 \times 10^{-5}]}$$

تركيز الحامض الابتدائي $Y=5 \times 10^{-2} = 0.05\ M$

نجد الكتلة المولية للحامض من العلاقة التالية

$$m = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{m}{M \times V}$$

$$V(L) = \frac{800\ ml}{1000\ ml/L} = 0.8\ L$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{m}{M \times V}$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{2.4g}{0.05mol/L \times 0.8L} = 60\ g/mol$$

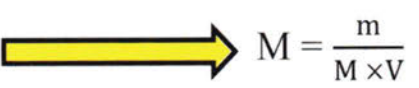
مثال اضافي11 ما هي الكتلة المولية لحامض قوي ثنائي البروتون كتلته 0.98g مذاب في 500 ml من الماء المقطر للحصول على محلول PH له = 1.4 علما ان log4 = 0.6

واجب / للتأكد من صحة الحل الجواب 98g/mol

مثال اضافي9 احسب الكتلة المولية لقاعدة ضعيفة اذيب 3.95g منها في 500ml من الماء المقطر لجعل PH = 10.3
علما ان Log4 = 0.6 log2 = 0.3
$PK_b = 6.4$

الحل/

m = M × M × V(L)



$$M = \frac{m}{M \times V}$$

بما ان القاعدة ضعيفة فعليه

$$K_b = \frac{[OH]^2}{Y}$$

$$Y = \frac{[OH]^2}{Kb}$$

$$K_b = 10^{-Kb}$$

$$K_b = 10^{-6.4+7-7}$$

$$K_b = 10^{6.4-7}$$

$$K_b = 4 \times 10^{-7}$$

PH + POH =19

POH = 14 – PH

= 14 – 10.3

POH = 3.7

$$OH = 10^{-POH}$$

$$OH = 10^{-3.7+2-2}$$

$$OH = 10^{0.3-4}$$

$$OH = 2 \times 10^{-4}\ M$$

$$Y = \frac{(2 x 10^{-4})2}{4 \times 10^{-7}} \Rightarrow Y = \frac{2 x 10^{-8}}{2 x 10^{-7}} = 0.1M$$

$$V(L) = 500\ \cancel{ml} \times \frac{1L}{1000\cancel{ml}}$$

$$= 0.5\ L$$

$$M = \frac{3.95}{0.1 \times 0.5}$$

M = 79 g / mol

مثال اضافي10 ما حجم محلول حامض الفورميك HCOOH كتلته المولية (46 g / mol) وكتلته 23g ، POH له = 11.6 و $Ka = 4 \times 10^{-5}$ علما ان Log4 = 0.6 .

الحل/ واجب للتأكد من صحة الحل الناتج 1.25L

سؤال(3-22) احسب التغيير في الاس الهيدروجيني لمحلول من الفينول C_6H_5OH تركيزه 0.2M بعد تخفيفه بالماء 100 مرة علما ان ثابت تأين الفينول = 1.3×10^{-10}

علما ان $\log 5 = 0.7$ $\sqrt{26} = 5.1$

اولا نحسب PH قبل التخفيف

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

0.2	0	0
0.2 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][C6H5O^-]}{[C6H5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 0.26 \times 10^{-10}$$

$$X^2 = 26 \times 10^{-12}$$

$$X = 5.1 \times 10^{-6}\ M = [H^+]$$

$$PH = -\log[H^+]$$

$$PH = -(\log 5.1 \times 10^{-6})$$

$$PH = -(\log 5.1 + \log 10^{-6})$$

$$PH = -(0.7 - 6) = 5.3$$

ثانيا نحسب PH بعد التخفيف 100 مرة

$$\text{عدد مرات التخفيف} = \frac{M1}{M2}$$

$$M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$$

$$M_2 = \frac{0.2}{100} = 0.002$$

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

0.002	0	0
0.002 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][C6H5O^-]}{[C6H5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 0.0026 \times 10^{-10}$$

$$X^2 = 26 \times 10^{-14}$$

$$X = 5.1 \times 10^{-7}\ M = [H^+]$$

$$PH = -\log[H^+]$$

$$PH = -(\log 5.1 \times 10^{-7})$$

$$PH = -(\log 5.1 + \log 10^{-7})$$

$$PH = -(0.7 - 7) = 6.3$$

$$\Delta PH = PH2 - PH1$$

$$\Delta PH = 6.3 - 5.3 = 1$$

6-3 التحلل المائي للاملاح

س/ ما المقصود بالتحلل المائي؟

ج / هو تفاعل المادة المراد اذابتها مع الماء حيث تتضمن التفاعل مع ايونات H^+ او OH^-.

انواع التحلل المائي.

هناك انواع من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر السالب (القاعدة القرينة A^-) للحامض الضعيف مع جزئ الماء لتكوين جزئ الحامض غير المتفكك

مثال / تفاعل ايون الخلات مع الماء.

$$CH_3COO^- + H^+ - OH^- \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

تكون زيادة من OH^- لذلك يصبح المحلول قاعدي.

وهناك نوع اخر من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر الموجب (الحامض القرين M^+) للقاعدة الضعيفة مع جزئ الماء لتكوين جزئ القاعدة الضعيفة غير المتفككة

مثال / تفاعل ايون الأمونيوم مع الماء.

$$NH_4^+ + H^+ - OH^- \rightleftharpoons NH_4OH + H^+$$



تكون زيادة من H^+ لذلك يصبح المحلول حامضي.

انواع الاملاح.

1- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية. املاح متعادلة

2- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة. املاح حامضية

3- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية. املاح قاعدية

4- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض ضعيفة.

النوع الأول : املاح لقواعد قوية وحوامض قوية.

هي الاملاح الناتجة من الأيون الموجب للقاعدة القوية والايون السالب للحامض للقوي وهو يعطي محاليل متعادلة (وذلك لان ليس لأيوناتها الموجبة او السالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء).

من الامثلة على هذه الاملاح KCl و $NaCl$ و $NaBr$ و K_2SO_4

بصورة عامة ان التقى احد الجذور للحوامض القوية مع احد الجذور للقاعدة القوية يتكون ملح متعادل مع بعض الاستثناءات (راجع بداية الملزمة لتحدد جذور الحوامض القوية والقواعد القوية)

علل1 / $NaCl$ لا يؤثر على PH الماء؟

ج/ لأنه ملح متعادل ناتج من تفاعل حامض قوي HCl مع قاعدة قوية $NaOH$ لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

علل2 / الاملاح المشتقة من حامض قوي وقاعدة قوية متعادلة؟

ج/لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

النوع الثاني : املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة قاعدية بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحامض الضعيف التفاعل مع أيونات H^+ في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تحصل زيادة في ايونات OH^- فتظهر الصفة القاعدية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح $CH_3COONa - KCN$ بصورة عامة ان التقت جذور القواعد القوية مع جذور الحوامض الضعيفة .

علل3/ عند ذوبان ملح خلات الصوديوم في الماء يتكون ملح قاعدي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا فعند تفاعله مع الماء ستتفاعل ايونات الحامض السالبة (قاعدة قرينة قوية) مع ايونات H^+ وبذلك تنقص ايونات H^+ وسيصبح هناك فائض في ايونات OH^- ويصبح المحلول قاعدي.

علل4 / الاملاح المشتقة من قاعدة قوية وحامض ضعيف املاح قاعدية؟

ج/ بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحامض الضعيف التفاعل مع أيونات H^+ في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تقل ايونات H^+ تحصل زيادة في ايونات OH^- فتظهر الصفة القاعدية للمحلول

علل5/ عند ذوبان ملح فورمات البوتاسيوم HCOOK في الماء تزداد قيمة PH؟ وزاري2003

ج/واجب

النوع الثالث : املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة حامضية دائما بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات OH^- في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في ايونات H^+ فتظهر الصفة الحامضية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح

$C_5H_5NHCl - NH_4Br - NH_4Cl$ بصورة عامة ان التقت جذور القواعد الضعيفة مع جذور الحوامض القوية .

علل6/ عند ذوبان ملح نترات الامونيوم في الماء يتكون ملح حامضي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي لذا فعند تفاعله مع الماء فان الايونات الموجبة العائدة للقاعدة الضعيفة (حامض قرين قوي) تتفاعل مع ايونات OH^- وبذلك تنقص ايونات OH^- وسيصبح هناك فائض في ايونات H^+ ويصبح المحلول حامضي.

علل7 / الاملاح المشتقة من حامض قوي وقاعدة ضعيفة املاح حامضية؟

ج/ بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات OH^- في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في ايونات H^+ فتظهر الصفة الحامضية

علل8/ عند ذوبان ملح كلوريد البيريديوم C5H5NHCl تقل قيمة PH؟

ج/ واجب



8-3 المحاليل المنظمة (محلول بفر)

محلول بفر : محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع احد املاحه او قاعدة ضعيفة مع احد املاحها ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة **الاس الهيدروجيني** PH عند أضافة كمية صغيرة من حامض قوي او قاعدة قوية.

عند اضافة كمية صغيرة من حامض قوي الى الماء تزداد تراكيز H^+ بينما لا تودي اضافة نفس الكمية من الحامض الى محلول بفر(حامض وملحه) زيادة ملحوظة والسبب ان ايون H^+ في محلول بفر لا يبقى حرا في المحلول حيث يتفاعل مع ايون الحامض الضعيف وبذلك لا تنخفض قيمة PH بل تبقى ثابتة.

محلول بفر يكون نوعين

1- حامض ضعيف وملحه وقانونه يكون بالصورة الأتية

$$PH = PK_a + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

2- قاعدة ضعيفة وملحها وقانونها يكون بالصورة الأتية

$$POH = PK_a + Log \frac{[salt]}{[base]}$$

حالات محلول بفر

1) اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$HCl \longrightarrow Cl^- + H^+$$

المؤثر هو **الحامض القوي** الذي يطلق ايونات H^+ فيزداد تركيزها وبالتالي سيؤدي الى ترجيح التفاعل الخلفي حسب قاعدة لو شاتليه فيزداد تركيز الحامض ويقل تركيز الملح بمقدار الاضافة وسيكون القانون لهذه الحالة بالصورة التالية.

$$PH = PK_a + Log \frac{[Salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]}$$

2) اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$

المؤثر هو القاعدة القوية التي تطلق ايونات OH^- وتتحد مع ايونات H^+ الصادرة من الحامض الضعيف لانتاج الماء اي يقل تركيز $[H^+]$ وحسب قاعدة لو شاتليه يترجح التفاعل الامامي فيقل تركيز الحامض ويزداد تركيز الملح بمقدار الاضافة ويكون القانون كالاتي

$$PH = PK_a + Log \frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

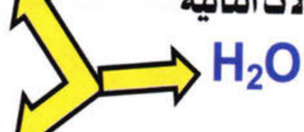
3) اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$HCl \rightarrow Cl^- + H^+$



H_2O

عند أضافة حامض HCl سوف يطلق ايونات $[H^+]$ التي ستتفاعل مع ايونات الهيدروكسيد لتكوين الماء وبالتالي يقل تركيز $[OH^-]$ ويترجح التفاعل الامامي للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز القاعدة ويزداد تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

4) اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$NaOH \rightarrow Na + OH^-$

عند أضافة القاعدة سوف يطلق ايونات $[OH^-]$ التي تؤدي الى زيادة في ايونات $[OH^-]$ ويترجح التفاعل الخلفي لتعويض لزيادة الحاصلة حسب قاعدة لي شاتليه للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$$

خلاصة قوانين الايون المشترك وبفر	
حامض ضعيف وملحه	**قاعدة ضعيفة وملحها**
$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$	$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$
$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$	$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$
اضافة حامض قوي الى هذا النوع	**اضافة حامض قوي الى هذا النوع**
$PH = PK_a + Log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$	$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$
اضافة قاعدة قوية الى هذا النوع	**اضافة قاعدة قوية الى هذا النوع**
$PH = PK_a + Log\frac{[Salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$	$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$

الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر

مثال 3-9 أحسب تراكيز H^+ و PH لمحلول مكون من 0.1M حامض الخليك و 0.2M خلات الصوديوم علما ان $Ka = (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ علما ان Log 9 = 0.954

الحـــل/ المحلول محلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وعليه

$$[H^+] = Ka \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.2]}$$

$$[H^+] = 0.9 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = 9 \times 10^{-6}\ M$$

$$PH = -Log[H^+]$$

$$PH = -(Log\ 9 \times 10^{-6})$$

$$PH = -(Log\ 9 \times 10^{-6})$$

$$PH = -(0.954 - 6) = 5.046$$

تمرين 3-9 احسب قيمة PH لمحلول يحتـــوي NH_3 بتركيـــز 0.15M و NH_4Cl بتركيز 0.3M وقارن النتيجة مع PH محلول الامونيا ذو تركيز 0.15M علما ان $PK_b = 4.74$ (Log1.6=0.2) (Log2= 0.3) ($\sqrt{2.7}=1.6$) (Log 1.8 =0.26)

الحـل/ المحلول الاول محلول بفر قاعدة ضعيفة وملحها

$$POH = PKb + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{[0.30]}{[0.15]}$$

$$POH = 4.74 + Log\ 2$$

$$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH = 14 - 5.04 = 8.96$$

المحلول الثاني محلول الامونيا فقط.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.15	0	0
0.15 –X	X	X

يجب حساب K_b اعتماد على PK_b

$$K_b = 10^{-PKb}$$

$$K_b = 10^{-4.74+5-5}$$

$$K_b = 10^{0.26} \times 10^{-5}$$

$$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

تكملة تمرين (3- 13)

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$K_b = \frac{X^2}{(0.15-X)}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.15-X)}$$

$$X^2 = 0.27 \times 10^{-5}$$

$$X^2 = 2.7 \times 10^{-6}$$

$$X = 1.6 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$$

$$POH = -Log[OH^-]$$

$$POH = -(Log\ 1.6 \times 10^{-3})$$

$$POH = -(Log\ 1.6 + Log\ 10^{-3})$$

$$POH = -(0.2 - 3) = 2.8$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH = 14 - 2.8 = 11.2$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 11.2 - 8.96 = 2.24$$

المقارنة :- نلاحظ ان PH قلت بوجود الامونيا والملح الحامضي لان الايون الموجب العائد للملح الحامضي NH_4Cl يتفاعل مع ايونات OH^- تقل OH تزداد H تقل PH

تمرين 3-10 ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز 0.3M علما ان قيمة PH للمحلول تساوي 4.31 و $Ka= 1.8 \times 10^{-5}$

$Log\ 1.8 = 0.26 \quad Log 0.37 = -0.43$

الحل/ المحلول بفر من حامض ضعيف وملحه

$$PH = PK_a + Log \frac{[Salt]}{[acid]}$$

$$PK_a = -(Log\ Ka) = -(Log\ 1.8 \times 10^{-5})$$

$$PK_a = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$

$$PK_a = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$4.31 = 4.74 + Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$-0.43 = Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$Log\ 0.37 = Log \frac{0.3}{[acid]}$$

$$[acid] = \frac{0.3}{0.37} = 0.81$$

مثال (3-10) ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي امونيا تركيز 0.1M لتكن قيمة PH = 9

$(PK_b\ NH_3 = 4.74)$. $\quad Log\ 1.8 = 0.26$

الحل/ المحلول بفر من قاعدة ضعيفة وملحها

لذا يجب التحويل من PH الى POH

$$PH + POH = 14$$

$$POH = 14 - PH$$

$$POH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$0.26 = Log \frac{[Salt]}{0.1}$$

$$Log\ 1.8 = Log \frac{[Salt]}{0.1}$$

$$[Salt] = 1.8 \times 0.1 = 0.18\ mol/L$$

ملاحظة مهمة
بما ان المحلول يتكون من قاعدة وملحها الحامضي يتم التعامل مع POH وليس PH لذا قمنا بعملية التحويل

مثال اضافي 11 احسب كتلة ملح خلات الصوديوم (M= 82g/mol) اللازم اضافتها الى لتر واحد من محلول 0.125M من حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة PH = 4.74 علما ان PKa=4.74

الحل/ يمكن حساب التركيز المولاري للملح من هذه العلاقة

$$PH = PKa + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.74 = 4.74 + Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$4.74 - 4.74 = Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$Log 1 = Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$[salt] = 0.125 \times 1 = 0.125M$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m_{(g)} = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$

$$m_{(g)} = 0.125_{(mol/L)} \times 82_{(g/mol)} \times 1_{(L)} = 10.25\ g$$

السؤال 3-11 أحسب كتلة كلوريد الامونيوم (M=53.5g/mol) الواجب اضافتها الى 500 ml من محلول 0.15 M امونيا لجعل قيمة PH = 9 علما ان $Kb(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

Log 1.8 =0.26

الحـــل/

$$PK_b = -(Log\ K_b)$$
$$PK_b = -(Log\ 1.8 \times 10^{-5})$$
$$PK_b = -(\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$
$$PK_b = -(0.26 - 5) = 4.74$$
$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH$$
$$POH = 14 - 9 = 5$$
$$POH = PKb + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$
$$5 = 4.74 + Log \frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$0.26 = Log \frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$Log 1.8 = Log \frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$[salt] = 0.15 \times 1.8 = 0.27M$$
$$V(L) = \frac{500\ mL}{1000\ ml/L} = 0.5L$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m(g) = M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L)$$
$$m(g) = 0.27(mol/L) \times 53.5(g/mol) \times 0.5(L) = 7.22\ g$$

السؤال (3-9) أذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو PH= 9 ناتج من مزج NH_3 مع NH_4Cl كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH4^+]}{[NH3]}$ علما ان $PK_b = 4.74$ علما ان Log1.82 =0.26

الحـــل/ المحلول ناتج من قاعدة ضعيفة وملحها لذا يجب أيجاد قيمة POH

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH = 14 - 9 = 5$$
$$POH = PK_b + Log \frac{[salt]}{[base]}$$
$$5 = 4.74 + Log \frac{[NH4^+]}{[NH3]}$$
$$Log \frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 5 - 4.74$$
$$Log \frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 0.26$$
$$Log \frac{[NH4^+]}{[NH3]} = Log 1.82$$

تمرين (3- 11) ما هو التأثير الناتج من أضافة 0.5 mol من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا تركيز 0.1 M على درجة تفكك القاعدة $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

الحـــل/ نحسب درجة التفكك قبل أضافة الملح.

$NH_3 + H_2O$	NH_4^+ +	OH^-
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ → يهمل

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$

$$X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[NH_3]_{\text{الابتدائي}}}$$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.3 \times 10^{-2}$$

نحسب درجة التفكك بعد أضافة الملح.

لان الحجم لتر واحد $[base] = 0.5\ M$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$[OH^-] = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 10^{-1}}{0.5} = 3.6 \times 10^{-6} M$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[NH_3]_{\text{الابتدائي}}}$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$$

نلاحظ ان درجة تفكك القاعدة قد قلت نتيجة نقص تركيز ايون الهيدروكسيد عند الاتزان

ملاحظة :- نفس هذا التمرين اعلاه قد ورد وزاريا لكن بتغير بسيط انه لم يعطي المعلوم للمضاف مول ولكن اعطاه بالغرامات واعطى الكتلة المولية له لذا حساب تركيز المضاف يكون بالاعتماد على هذا القانون

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} \times V_L}$$

السؤال (3-23) محلول من حامـــــض ضعيف النسبة المئوية لتاينه 1% و PH=2.7 مزج مع ملحه المشتق منه تركيزه 0.1M ما PH المحلول الناتج بعد المزج

الحـــل/ اولا نستخرج من PH تركيز H^+

$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-2.7+3-3}$$

$$[H^+] = 10^{0.3-3}$$

$$[H^+] = 2 \times 10^{-3}\ M = 0.002M$$

النسبة المئوية للتفكك = $\frac{[H^+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]} \times 100\%$

$$\%1 = \frac{0.002}{Y} \times 100\ \%$$

التركيز الابتدائي للحامض للضعيف $Y = 0.2$

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

$$Ka = \frac{(0.002)^2}{0.2}$$

$$Ka = \frac{(4 \times 10^{-6})}{(2 \times 10^{-1})} = 2 \times 10^{-5}$$

$$PKa = -(\text{Log } Ka)$$

$$PKa = -(\text{Log } 2 \times 10^{-5})$$

$$PKa = -(\text{Log } 2 + \text{Log } 10^{-5})$$

$$PKa = -(0.3 - 5) = 4.7$$

$$PH = PKa + \text{Log} \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = 4.7 + \text{Log} \frac{[0.1]}{[0.2]}$$

$$PH = 4.7 + (\text{Log } 1 - \text{Log} 2)$$

$$PH = 4.7 + (0 - 0.3)$$

$$PH = 4.7 - 0.3 = 4.4$$

الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر لثلاث مواد

ملاحظة مهمة جدا :- قبل الدخول الى مسائل اضافة الالكتروليت القوي الى الايون المشترك لتكوين المحلول المنظم من بفر تكون الاضافة 3 انواع.

1. **اضافة حجمية مولارية** حيث يعطى المضاف بحجم صغير جدا من 1ml – 10ml وتركيز كبير جدا (1M – 10M)
هنا قبل البدء بتطبيق القانون المناسب يجب أيجاد التركيز الجديد للمضاف من خلال العلاقة

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

تركيز المضاف القوي قبل الاضافة — حجم المضاف القوي قبل الاضافة — التركيز الجديد للمضاف — حجم بفر

همسة1: ان V_2 هي بالحقيقة حجم المضاف + حجم بفر ولكن بما ان المضاف كمية قليلة جدا يهمل حجم المضاف ويعتبر V_2 هو حجم بفر المعطى بالسؤال.

همسة2: يجب ان يكون V_1 و V_2 بنفس الوحدة وانا كانتا مختلفتان بالوحدة يمكن تحويل اي منهما الى وحدة ml او L ويفضل بوحدة ال ml

2. **اضافة غرامية** حيث يعطى المضاف بوحدة g وتعطى الكتلة المولية له وحجم بفر بالسؤال هنا قبل البدء بتطبيق قانون بفر يجب أيجاد التركيز للمضاف من خلال العلاقة

$$M = \frac{m_{\text{المضاف}}}{M_{\text{المضاف}} \times V_{(L)\text{بفر}}}$$

3. **اضافة مولية** حيث يعطى المضاف بوحدة mol قبل البدء بتطبيق قانون بفر يجب أيجاد التركيز للمضاف من خلال العلاقة.

$$M = \frac{n_{\text{المضاف}}}{V_{(L)\text{بفر}}}$$

واحيانا يعطى المضاف بوحدة **مولاري صغير** ولا يعطى **حجم** له يطبق هذه الرقم مباشرة في القانون المناسب.

انتبه :- تأكد ان المضاف القوي احادي او ثنائي لانه اذا كان ثنائي لايجاد تركيز $[H^+]$ او $[OH^-]$ نضرب تركيز الالكتروليت القوي الذي استخرجناه x 2 لان الذي يعوض القوانين هو تراكيز $[H^+]$ او $[OH^-]$ وليس تركيز الحامض او القاعدة.

مثال 3-11 أحسب قيمة PH بعد أضافة 1ml من حامض HCl تركيزه 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك تركيزه 0.1M وخلات الصوديوم تركيزها 0.1M علما ان PKa = 4.74 Log8.1= 0.91

الحل/ ان المضاف هو حامض الهيدروكلوريك يحسب له التركيز الجديد بعد الإضافة

$$V_2 = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$$

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

$$M_2 = \frac{V1\ \ M1}{V2} = \frac{1ml\ X\ 10M}{1000\ ml} = 0.01 = [H^+]$$

من معلومات السؤال هذا النوع هو اضافة حامض قوي لمحلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وقانونه بالصورة التالية

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{(0.10)-(0.01)}{(0.10)+(0.01)}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + Log\ 0.81$$

$$PH = 4.74 + Log\ 8.1 \times 10^{-1}$$

$$PH = 4.74 + (Log\ 8.1 + Log10^{-1})$$

$$PH = 4.74 + (0.91 - 1)$$

$$PH = 4.74 - (0.09) = 4.65$$

خطوات حل هذا نوع من المسائل.

1) ان حجم الحامض القوي او القاعدة القوية المضاف سيتغير وبالتالي سيتغير تركيزهما وعليه يجب أيجاد التركيز الجديد بعد الاضافة باستخدام هذه العلاقة

$$V_1\ M_1 = V_2\ M_2$$

قبل الاضافة — بعد الاضافة

2) المفروض ان V_2 = حجم الحامض+حجم محلول بفر ولكن اذا كان حجم المضاف صغير جدا من 1ml الى 5ml فتهمل هذه الاضافة ويكون V_2 هو نفسه حجم المحلول.

3) بعد الانتهاء من أيجاد تركيز المضاف نحدد اي نوع من الانواع الاربعة ونطبق له القانون المناسب.

4) الحامض او القاعدة المضاف تركيزهما الجديد هو من سيعوض مكان $[H^+]$ او $[OH^-]$ في القانون المناسب.

تمرين (3-12) احسب قيمة PH

أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M

ب) لنفس المحلول لكن بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيز 10 M ثم احسب التغير في PH وناقش النتيجة علما ان $PK_b = 4.74$ Log 1.5 = 0.18

أ) الحل / المحلول مكون من قاعدة ضعيفة وملحها وقانونه سيكون بالصورة التالية

$$POH = PKb + Log\frac{[Salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH = 14 - 4.74 = 9.26$$

حل فرع ب)ان المضاف هو حامض الكبريتيك القوي ويحسب له التركيز بعد الاضافة

$$V_2 = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$$

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

$$M_2 = \frac{V1\ M1}{V2} = \frac{1ml\ X\ 10M}{1000\ ml} = 0.01\ M\ [H_2SO_4]$$

H_2SO_4	$\longrightarrow$	$2H^+$
0.01		0
0		0.02

$$POH = PKb + Log\frac{[Salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{(0.1)+(0.02)}{(0.1)-(0.02)}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{0.12}{0.08}$$

$$POH = 4.74 + Log1.5$$

$$POH = 4.74 + 0.18 = 4.92$$

$$PH = 14 - 4.92 = 9.08$$

$$\Delta PH = 9.08 - 9.26 = -0.18$$

المناقشة:- ان المؤثر هو الحامض الذي يطلق ايونات H^+ فيتحد مع ايونات OH^- وبالتالي يقل تركيز OH^- يزداد تركيز H^+ يقل PH لان العلاقة عكسية.

ملاحظة من نار :- قد ياتي السؤال اعلاه بهذه الصيغة الاتية احسب مقدار التغير في PHبعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيز 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من الامونيا وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M.

حل السؤال يكون ايضا بايجاد PHقبل الاضافة و PHبعد الاضافة اي الحل بنفس الخطوات

خل نحجيها بالعامية في مسائل بفر من نشوف احسب مقدار التغير في PH نحل بفر ابو مادتين وبفر ابو 3مواد.





سؤال (3-8) أ- ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز HNO_2 بتركيز 0.12M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15M علما ان $Ka=4.5 \times 10^{-4}$

للفائدة (Log4.5 = 0.65) - (Log1.25 = 0.1) - (Log1.84 = 0.265)

الحـــل/ المحلول بفر ناتج من حامض ضعيف وملحه

$$PH = PKa + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PKa = -(Log\ Ka)$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 \times 10^{-4})$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 + Log\ 10^{-4})$$

$$PKa = -(0.65 - 4) = 3.35$$

$$PH = 3.35 + Log \frac{[0.15]}{[0.12]}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.25$$

$$PH = 3.35 + 0.1 = 3.45$$

ب)أحسب قيمة PH المحلول الناتج بعد أضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH كتله المولية 40g/mol الى لتر واحد من محلول بفر اعلاه.

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} \times V_L}$$

$$M = \frac{1m_{(g)}}{40_{(g/mol)} \times 1_L} = 0.025\ M$$

ان المضاف هو قاعدة قوية الى محلول بفري حامض ضعيف وملحه وعليه القانون سيكون

$$PH = PKa + Log \frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

$$PH = 3.35 + Log \frac{[0.15] + [0.025]}{[0.12] - [0.025]}$$

$$PH = 3.35 + Log \frac{(0.175)}{(0.095)}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.84$$

$$PH = 3.350 + 0.265 = 3.615$$

سؤال (3- 19) محلول بفر مكون من 0.02M من NH_4Cl , 0.01M من NH_3 اضيف الى لتر من المحلول 1ml من KOH تركيز 10 M احسب مقدار التغير في PH علما ان $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ Log 2 = 0.3

$$POH = PK_b + Log \frac{[salt]}{[base]}$$

$$PK_b = -(Log\ K_b)$$

$$PK_b = -(Log\ 1.8 \times 10^{-5})$$

$$PK_b = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$

$$PK_b = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$POH = PK_b + Log \frac{[0.02]}{[0.01]}$$

$$POH = 4.74 + Log\ 2$$

$$POH = 4.74 + 0.30 = 5.04$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH = 14 - 5.04 = 8.96$$

ثانيا نحسب PH بعد الاضافة ان المضاف هو KOH القوي ويحسب له التركيز بعد الاضافة

$$V_2 = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$$

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

$$M_2 = \frac{V1\ M1}{V2} = \frac{1ml \times 10M}{1000\ ml} = 0.01\ M\ [KOH]$$

$$KOH \longrightarrow OH^-$$

KOH	OH^-
0.01	0
0	0.01

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt] - [OH^-]}{[base] + [OH^-]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{(0.02) - (0.01)}{(0.01) + (0.01)}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{0.01}{0.02}$$

$$POH = 4.74 + (Log1 - Log2)$$

$$POH = 4.74 + (0 - 0.3)$$

$$POH = 4.44$$

$$PH = 14 - 4.44 = 9.56$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 9.56 - 8.96 = 0.6$$

السؤال (24-3) اضيف 0.05mol من محلول $Ba(OH)_2$ مرة الى لتر من الماء المقطر ومرة اخرى الى لتر من محلول مكون من HCN و NaCN كل منهما بتركيز 0.3M كم سيكون مقدار التغيير في قيمة PH في الحالتين علما ان Ka للحامض= $6x10^{-10}$

اولا بالماء المقطر

بما ان الاضافة للماء المقطر فعليه

$PH_1 = 7$

$$M_{Ba(OH)_2} \frac{n}{V} = \frac{0.05}{1} = 0.05\ M$$

$$Ba(OH)^2 \longrightarrow 2OH^-$$

0.05	0
0	0.1

$[OH^-] = 0.1 = 10^{-1}M$

$POH= - Log [OH^-]$

$POH = -(Log 10^{-1})$

$POH= 1$

$PH + POH =14$

$PH = 14 - POH$

$PH_2 = 14 – 1 = 13$

$\Delta PH = PH_2 - PH_2 =$

$\Delta PH = 13 - 7 = 6$

ثانيا في محلول بفر

نجد PH قبل الاضافة

$$PKa = -(Log Ka)$$
$$PKa = -(Log 6 \times 10^{-10})$$
$$PKa = -(Log 6 + Log 10^{-10})$$
$$PKa = -(0.78 - 10) = 9.22$$
$$PH = PKa + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$
$$PH = 9.22 + Log \frac{[0.3]}{[0.3]}$$
$$PH = 9.22 + Log 1$$
$$PH_1 = 9.22 + 0 = 9.22$$

نجد PH بعد الاضافة

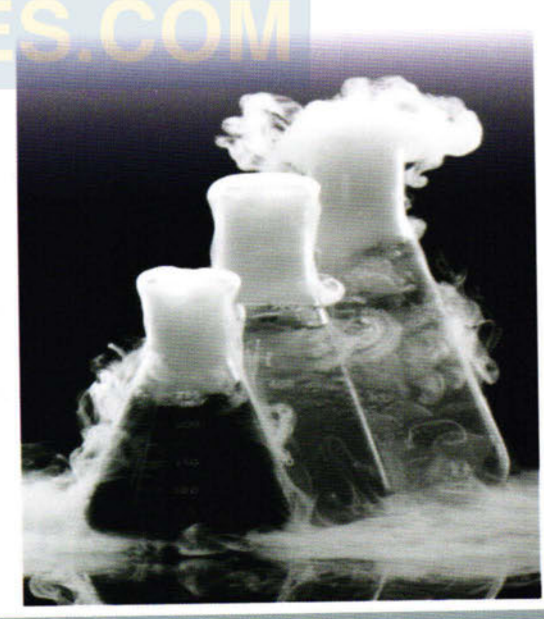
$$M_{Ba(OH)_2} \frac{n}{V} = \frac{0.05}{1} = 0.05\ M$$

$$Ba(OH)^2 \longrightarrow 2OH^-$$

0.05	0
0	0.1

$[OH^-] = 0.1 = 10^{-1}M$

$$PH = PKa + Log \frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$
$$PH = 9.22 + Log \frac{[0.3] + [0.1]}{[0.3] - [0.1]}$$
$$PH = 9.22 + Log \frac{(0.4)}{(0.2)}$$
$$PH = 9.22 + Log 12$$
$$PH_2 = 9.22 + 0.3 = 9.52$$
$$PH = PH_2 - PH_2 =$$
$$\Delta PH = 9.52 - 9.22 = 0.3$$



مثال اضافي 12 احسب مقدار التغير في PH محلول بفر مكون من حامض ضعيف (0.4M) وملحه (0.6M) بعد اضافة 0.1 mol من H_2CrO_4 الى لتر من المحلول .

علما ان : PKa = 7.3   log3 = 0.47   log2 = 0.3

الحـــــل/ اولا ايجاد PH قبل الاضافة

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]}{[acid]}$$
$$PH = 7.3 + \log\frac{0.6}{0.4}$$
$$PH = 7.3 + \log\frac{0.6}{0.4}$$
$$PH = 7.3 + \log\frac{3}{2}$$
$$PH = 7.3 + (\log3 - \log2)$$
$$PH = 7.3 + (0.47 - 0.30)$$
$$PH = 7.3 + 0.17$$
$$PH_1 = 7.47$$

ثانيا ايجاد PH بعد الاضافة

$[H_2CrO_4] = n = 0.1M$ لان الحجم لتر واحد

$$[H^+] = 0.1 \times 2 = 0.2M$$

وعليه

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$
$$PH = 7.3 + \log\frac{0.6-0.2}{0.4+0.2}$$
$$PH = 7.3 + \log\frac{0.4}{0.6}$$

$$PH = 7.3 + \log\frac{2}{3}$$
$$PH = 7.3 + (\log2 - \log3)$$
$$PH = 7.3 + (0.30 - 0.47)$$
$$PH_2 = 7.30 + (-0.17) = 7.13$$
$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$
$$\Delta PH = 7.13 - 7.47$$
$$\Delta PH = -0.34$$

المناقشة ان طلبت : نلاحظ ان PH قلت باضافة حامض H_2CrO_4 لانه يعطي ايونات H^+ التي تتفاعل مع OH^- تقل OH^- تزداد H^+ وبذلك يقل PH.

مثال اضافي 13 احسب مقدار التغير في PH محلول بفر مكون من قاعدة ضعيفة 0.2M وملحها 0.5M بعد اضافة 3.7g من $Ca(OH)_2$ (M = 74g/mol) الى لتر من المحلول ؟

علما ان $PK_b = 5.9$ $\quad Log2 = 0.3$ $\quad Log3 = 0.47$ $\quad log5 = 0.7$ $\quad log4 = 0.6$

واجب / للتأكد من الحل الجواب $\Delta PH = 0.27$

مثال اضافي 14 ما عدد مولات هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ اللازم اضافتها الى لتر من محلول قاعدة ضعيفة (0.2M) وملحها (0.6M) لتصبح قيمة PH = 8.07

علما ان $Kb = 4 \times 10^{-7}$ ، $\log 4 = 0.6$ ، $\log \frac{1}{3} = 0.47$

الحـــل / المحلول بفر لثلاث مواد من قاعدة ضعيفة وملحها والمضاف قاعدة قوية

$$POH = PK_b + \log \frac{[sail]-[O\bar{H}]}{[sail]-[O\bar{H}]}$$

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH$$
$$POH = 14 - 8.7 = 5.93$$
$$PK_b = -\log Kb$$
$$PK_b = -(\log 4 \times 10^{-7})$$
$$PK_b = (\log 4 + \log 10^{-7})$$
$$PK_b = -(0.6 - 7) = 6.4$$
$$5.93 = 6.40 + \log \frac{0.6-X}{0.2+X}$$
$$5.93 - 6.40 = \log \frac{0.6-X}{0.2+X}$$
$$-0.47 = \log \frac{0.6-X}{0.2+X}$$
$$\log \frac{1}{3} = \log \frac{0.6-x}{0.2+x}$$
$$0.2 + x = 1.8 - 3x$$
$$4X = 1.6$$
$$X = \frac{1.6}{4} = 0.4\ M = [OH^-]$$
$$Ba(OH)_2 = \frac{0.4}{2} = 0.2M$$
$$n\ Ba(OH)_2 = 0.2\ mol/L \times 1L = 0.2\ mol$$

ملاحظة كنز
انتبه جيدا انتبه مرة اخرى من يريد تركيز قاعدة قوية ثنائية وحصلنا تركيز OH^- اهنا نقسم على 2 مو نضرب في 2 اما من عدنا تركيز القاعدة القوية الثنائية ونريد تركيز ال OH^- بهاي الحالة نضرب في 2



مثال اضافي 15 ما هي كتلة حامض H_2SO_4 (M = 98 g / mol) اللازم اضافتها الى 600 ml من محلول بفر مكون من حامض ضعيف (0.4M) وملحه (0.8M) لتصبح PH = 7.3

علما ان log5 = 0.7 و $Ka = 5.10^{-8}$

واجب / للتأكد من الحل الجواب 5.88g

التخفيف بالماء او ما يعرف بالإضافة او المزج

ملاحظات عن التخفيف بالماء .

أضافة حامض او قاعدة قويين او ضعيفين الى حجم معين من الماء.

خطوات حل هذا النوع من التخفيف

1. نحسب V_2 وهو حجم الحامض او القاعدة + حجم الماء ولكن ان كان المضاف حجم قليل جدا فنعتبر حجم الماء هو V_2
2. نطبق قانون التخفيف المعروف (بعد الاضافة) $V_1 M_1 = V_2 M_2$ (قبل الاضافة)
3. بعد ايجاد التركيز الجديد للالكتروليت المعطى بالسؤال نجد المطلوب من السؤال بالخطوات السابقة المعروفة للالكتروليت .

حل اسئلة الفصل الخاصة بالتخفيف

سؤال 3-2 جد مقدار التغيير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل التالية

1mL من HCl تركيزه 10 M

الحل/

بما ان الاضافة الى الماء اذا PH =7

$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

HCl	⟶	H^+
0.01		0
0		0.01

$[H^+] = 0.01\ M = 10^{-2}\ M$

$PH = -\log [H^+]$

$PH = -\log 10^{-2}$

$PH = 2$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 2 - 7$

$\Delta PH = -5$

1mL من NaOH تركيزه 10 M

الحل/

بما ان الاضافة الى الماء اذا PH =7

$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

NaOH	⟶	OH^-
0.01		0
0		0.01

$[OH^-] = 0.01\ M = 10^{-2}\ M$

$POH = -\log [OH^-]$

$POH = -\log 10^{-2}$

$POH = 2$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH \Rightarrow PH = 14 - 2 = 12$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 12 - 7$

$\Delta PH = 5$

سؤال 3-17 احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1ml من 10M من حامض HCl الى لتر من الماء. علما ان $\log 1.36 = 0.133$

الحل / بما انه تم تخفيف الحامض يحسب له التركيز الجديد

$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2 \longrightarrow M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2} = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01M = 10^{-2}M\ [H^+]$

$PH = -\log [H^+] = -\log 10^{-2} = 2$

الاثرائيات الخاصة باضافة حامض او قاعدة الى ماء

مثال اضافي 16 احسب التغير في PH الماء بعد اضافة محلول امونيا تركيزه 2M وحجمه 100ml الى 0.9L من الماء المقطر

$K_b = 2 \times 10^{-5}$

الحـــل/

بما ان الاضافة الى الماء اذا $PH_1 = 7$

$V_{(NH_3)} = 0.9L \times 1000\ ml/L = 900mL$

$V_2 = V_{(H_2O)} + V_{(NH_3)}$

$V_2 = 900 + 100 = 1000ml$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{2 \times 100ml}{1000ml} = 0.2\ M$

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4 + OH^-$

0.2	0	0
0.2-X	X	X

$Kb = \frac{[NH_4][OH^-]}{[NH_3]}$

$2 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.2}$

$X^2 = (2 \times 10^{-5})(2 \times 10^{-1})$

$X^2 = (4 \times 10^{-6})$ ناخذ الجذر التربيعي

$X = 2 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$

$POH = -\log OH^-$

$POH = -(\log 2 \times 10^{-3})$

$POH = -(\log 2 + \log 10^{-3})$

$POH = -(0.3-3) = 2.7$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$PH_2 = 14 - 2.7 = 11.3$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 11.3 - 7$

$\Delta PH = 4.3$

مثال اضافي 17 احسب التغير في PH الماء بعد اضافة حامض الخليك تركيزه 4M وحجمه 5ml الى 1L من الماء المقطر

$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ $\log 6 = 0.78$

واجب / للتأكد من الحل الجواب $\Delta PH = -3.78$

" التحضير اليومي "
سر من اسرار التفوق
فلا تهمل هذا السر
WWW.iQ-RES.COM



الذوبانية وثابت حاصل الاذابة

الذوبانية : هي عدد مولات المادة الصلبة التي تذوب في لتر واحد من المحلول اي انها تمثل حالة اتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة.

س/ على ماذا يعتمد قابلية الذوبان لكل مادة ايونية خاصة الاملاح في الماء.

ج/ 1ــ الفرق في مقدار الطاقة للازمة لكسر الاواصر بين الايونات المكونة للمادة

2ــ ومقدار ما ينتج من طاقة نتيجة انتشار هذه الايونات في الماء وتميؤها.

يمكن وصف عملية ذوبان مركب ايوني في الماء بالصورة التالية وايجاد الثابت له ايضا

$$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$$

و لكون المركب شحيح الذوبان في الماء لذا يمكن اعتبار قيمة AB تبقى ثابته لا تتغير لتفكك جزء صغير منها وايضا كما هو معلوم قيمة الماء ثابتة ايضا لذا يدخلان مع قيمة ثابت الحاصل الايوني.

$$K_{sp} = [A^+][B^-]$$

K_{sp} (هو ثابت حاصل الذوبان وهو قيمة ثابته عند ثبوت درجة الحرارة يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية للايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان عند حالة الاتزان كل منها مرفوع لاس مساو لعدد المولات بالمعادلة الكيميائية الموزونة والتي تعبر عن تفكك المركب)

س/ ماذا نقصد بالذوبانية المولارية وكيف يمكن تحويل الذوبانية بوحدة g/L الى الذوبانية المولارية.

ج/ وهي التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح في المحلول عند الاتزان ووحدتها (mol/L) ويرمز لها (S) وتحول من الغرامية الى وحدتها باستخدام القانون.

$$S_{(mol/L)} = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

ولإيجاد التركيز الغرامي من المولاري يصبح القانون بالصورة التالية

$$S\,(g/L) = S(mol/L) \times M(g/Mol)$$

س / اكتب التعبير لثابت حاصل الاذابة لأملاح

أ) ملح أحادي – أحادي التكافؤ او ثنائي – ثنائي التكافؤ مثل AgCl او $BaSO_4$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$
$$\quad\quad\quad\quad S \quad\; S$$

$$K_{SP} = [Ag^+][Cl^-] = S \times S \rightarrow K_{SP} = S^2$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$\quad\quad\quad\quad S \quad\; S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}] = S \times S \rightarrow K_{SP} = S^2$$

ب) ملح أحادي – أحادي التكافؤ او ثنائي – ثنائي التكافؤ مثل $Zn(OH)_2$ او CaF_2

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^-$$
$$\quad\quad\quad\quad S \quad\; 2S$$

$$K_{SP} = [Ca^{+2}][F^-]^2 = S \times (2S)^2 \rightarrow K_{SP} = 4S^3$$

$$ZN(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$\quad\quad\quad\quad S \quad\; 2S$$

$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2 = S \times (2S)^2 \rightarrow K_{SP} = 4S^3$$

ملاحظات حسابية قبل الدخول الى مسائل الذوبانية.

1- القواعد أعلاه تطبق على الاملاح شحيحة الذوبان.

2- نحن نعرف ان هذا الملح شحيح الذوبان عندما يعطي في السؤال قيمة K_{sp} او تكون مجهولة.او حينما يطلب حاصل الذوبان (الاذابة)

3- معادلة ملح شحيح الذوبان تتطلب $\rightleftharpoons$

4- للتذكير الذوبانية تكون بالتركيز المولاري (mol/L) وعندما تعطي بوحدة التركيز الغرامي g/L تحول وفق هذه العلاقة

$$S(mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)}$$

الاسئلة والتمارين والامثلة الخاصة بالتطبيق المباشر لمسائل الذوبانيه

مثال (3-12) ما هي الذوبانية المولارية لمحلول ملح كبريتات الرصاص $PbSO_4$ اذا علمت ان حاصل الذوبان لهذا الملح $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-8}$. (للفائدة $\sqrt{1.6}$ =1.26)

الحل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

$$K_{sp} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$S^2 = 1.6 \times 10^{-8}$$ نجذر الطرفين

$$S = 1.26 \times 10^{-4}\ mol/L$$

تمرين (3-15) أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة g/L لمحلول كلوريد الفضة AgCl (M=143.5g/mol) علما ان حاصل الذوبان الملح $KSp= 1.8 \times 10^{-10}$

(للفائدة $\sqrt{1.8}$ =1.34)

الحل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$

S S

$$K_{sp} = [Ag^{+}][Cl^{-}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$S^2 = 1.8 \times 10^{-10}$$ نجذر الطرفين

$$S = 1.34 \times 10^{-5}\ mol/L$$

نجد الذوبانية بدلالة g/L من العلاقة التالية

$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$$

$$S(g/L) = 1.34 \times 10^{-5} mol/L \times 143.5 g/mol$$

$$= 1.93 \times 10^{-3}\ g/L$$

مثال(3-13) أحسب قيمة ثابت حاصل الاذابة K_{SP} لملح كبريتات الباريوم $BaSO_4$ (233g/mol) اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المشبع يحوي 0.0025g من الملح.

الحل/ نحول الوحدات الى وحدات المولارية

$$S\ (mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.0025\ g/L}{233\ g/mol} = \frac{0.00250\ g/L}{233\ g/mol}$$

$$S\ (mol/L) = \frac{250 \times 10^{-5}}{233} = 1.1 \times 10^{-5}\ mol/L$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

$$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$K_{sp} = (1.1 \times 10^{-5})^2$$

$$K_{sp} = 1.21 \times 10^{-10}$$

تمرين(3-14) اذا علمت ان لتر واحد من محلول كرومات الفضة Ag_2CrO_4 (M=332g/mol) يحوي 0.0215g احسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح.

الحل/ نحول الوحدات الى وحدات المولارية

$$S\ (mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.0215\ g/L}{332\ g/mol} = \frac{0.02150\ g/L}{332\ g/mol}$$

$$= \frac{2150 \times 10^{-5}}{332} = 6.5 \times 10^{-5}\ mol/L$$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+} + CrO_4^{-2}$$

2S S

$$K_{sp} = [Ag^{+}]^2[CrO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = (2S)^2 \times S = 4S^3$$

$$K_{sp} = 4(6.5 \times 10^{-5})^3$$

$$K_{sp} = 1098.5 \times 10^{-15} = 1.098 \times 10^{-12}$$

تمرين (3-13) أحسب قيمة ثابت حاصل الذوبان K_{SP} لملح يودات الرصاص $Pb(IO_3)_2$ اذا علمت ان لترا واحد من محلوله المائي المشبع يحوي على 3.9×10^{-5} M واجب الناتج سيكون 2.4×10^{-13}

الذوبانية والترسيب للمركب شحيح الذوبان (الحاصل الايوني)

الحاصل الايوني : هو حاصل ضرب تراكيز الايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان مرفوع الى أس مساو الى عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة وليس بالضرورة ان يكون في حالة اتزان.

مقارنة الحاصل الايوني مع K_{sp}(الخلاصة)

الحاصل الايوني > Ksp التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني < Ksp التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني = Ksp المحلول مشبع سرعة الذوبان = سرعة الترسيب.

ملاحظات حسابية عن الحاصل الأيوني.

مسائل الحاصل الأيوني نوعين نوع يذكر فيه عبارة احسب **ادنى تركيز** او **اقل** دالة حامضية او قاعدية والنوع الأخر يذكر فيه **عبارة هل يترسب**

النوع الاول:

اولا :- علامات هذا النوع

أ ـ يذكر فيه عبارة ما هو ادنى او ما اقل وعبارة لبدأ الترسيب لو ليبدا راسب كذا بالظهور.

ب ـ من علامات السؤال الاخرى يعطي K_{sp} او PK_{sp} وتركيز ايون معلوم والايون الاخر تركيزه مجهول.

ثانيا :- خطوات حل هذا النوع.

أ ـ يجب التأكد ان تركيز الايون المعطى **بوحدة mol/L** حيث اذا كان بتركيز g/mol يحول الى وحدة mol/L

ب ـ نكتب معادلة تفكك المادة الشحيحة الذوبان ونطبق قانون ال K_{sp} مباشرة دون وضع رمز ال S تحت الايونات المتفككة.

جـ ـ من تركيز الايون المعلوم وقيمة ال K_{sp} نستخرج تركيز الايون المجهول وهو ادنى تركيز لبدء الترسيب.

النوع الثاني:

اولا :- علامات هذا النوع

أ ـ يذكر فيه عبارة هل يترسب او يظهر راسب او هل تتوقع ان تترسب

ب ـ من علامات السؤال الاخرى يعطي K_{sp} او PK_{sp} وتركيزي الايونين الناتجيين من التفكك معلومين والايون الاخر

ثانيا :- خطوات حل هذا النوع.

أ ـ يجب التأكد ان تراكيز الايونات المعطاة **بوحدة mol/L** حيث اذا كانا بتراكيز g/mol يحول الى وحدة mol/L

ب ـ نكتب معادلة تفكك المادة الشحيحة الذوبان ومن التراكيز المعطاة نستخرج الحاصل الايوني.

جـ ـ نعمل مقارنة بين K_{SP} و الحاصل الايوني حيث

الحاصل الايوني > K_{sp} التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني < K_{sp} التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني = K_{sp} المحلول مشبع



مثال(14-3) أذا علمت ان تركيز الفلوريد في محلول CaF_2 يساوي $2 \times 10^{-2} M$ أحسب ادنى تركيز من أيون الكالسيوم Ca^{+2} يكون لازما وجوده في المحلول لبدء ترسيب ملح فلوريد الكالسيوم($K_{sp} = 4.9 \times 10^{-11}$)

الحـــــــل/ نكتب معادلة تفكك CaF_2

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^-$$

$$Ksp = [Ca^{+2}][F^-]^2$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{K_{sp}}{(F^-)^2}$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{(2 \times 10^{-2})^2} = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{4 \times 10^{-4}} = 1.225 \times 10^{-7} M$$

وعليه يجب أن يكون تركيز الكالسيوم اكبر من 1.225×10^{-7} لبدء الترسيب

تمرين 3-19 ما هي أقل دالة حامضية PH لمحلول يحتوي ايون الحـــــديد الثلاثي بتركيز $2 \times 10^{-10} M$ التي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد الثلاثي $Fe(OH)_3$ بالظهور في المحلول علما ان $Ksp = 5 \times 10^{-38}$ (علما ان $\sqrt[3]{250} = 6.3$) (Log1.58 =0.2)

الحـــل/ نكتب معادلة تفكك $Fe(OH)_3$

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$

$$K_{sp} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{K_{sp}}{(Fe^{+3})}$$

$$[OH^-]^3 = \frac{5 \times 10^{-38}}{2 \times 10^{-10}}$$

$$[OH^-]^3 = 2.5 \times 10^{-28}$$

$$[OH^-]^3 = 250 \times 10^{-30} M$$

بالجذر التكعيبي

$$[OH^-] = 6.3 \times 10^{-10} M$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[6.3 \times 10^{-10}]} = \frac{10 \times 10^{-15}}{[6.3 \times 10^{-10}]} = 1.58 \times 10^{-5} M$$

$$PH = -Log [H^-]$$

$$PH = -(Log\ 1.58 \times 10^{-5})$$

$$PH = -(Log\ 1.58 + Log\ 10^{-5})$$

$$PH = -(0.2 - 5) = 4.8$$

سؤال3-29 ان تركيز ايون الكالسيوم (M= 40g/mol) في بلازما الدم = 0.1g/L فاذا كان تركيز الاوكزالات = 1×10^{-7} M هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 علما ان PKsp = 8.64؟ (للفائدة Log 2.3 =0.36)

الجواب/ نحسب الحاصل الايوني لكن يجب ايجاد الذوبانية المولارية لأيون الكالسيوم

$$S\,(mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.1\ g/L}{40\ g/mol} = \frac{1}{400} = 0.0025 = 2.5 \times 10^{-3}\ mol/L$$

معادلة تفكك اوكزالات الكالسيوم

$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2} + C_2O_4^{-2}$$

$$\text{الحاصل الايوني} = [Ca^{+2}]\,[C_2O_4^{-2}]$$

$$\text{الحاصل الايوني} = 2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-7}$$

$$\text{الحاصل الايوني} = 2.5 \times 10^{-10}$$

نجد قيمة K_{sp} من PK_{sp}

$$K_{sp} = 10^{-PKsp}$$

$$K_{sp} = 10^{-8.64 + 9 - 9}$$

$$K_{sp} = 10^{0.36 - 9}$$

$$K_{sp} = 10^{0.36} \times 10^{-9}$$

$$K_{sp} = 2.3 \times 10^{-9}$$

نلاحظ قيمة الحاصل الايوني أقل من قيمة K_{sp} وعلية لا يترسب اوكزالات الكالسيوم

تمرين (3-16) هل يتكون راسب عند مزج 10ml من 0.01M من محلول يحتوي ايونات SO_4^{-2} و10ml من 0.001M محلول ايونات Ba^{+2} علما ان $Ksp_{(BaSO4)} = 1.6 \times 10^{-10}$

الحل / نجد تركيز كل ايون بعد عملية المزج

$$V_2 = 10 + 10 = 20ml$$

بالنسبة للأيون الاول ايون SO_4^{-2}

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{0.01M \times 10\ ml}{20\ ml} = 0.005 = 5 \times 10^{-3}\ M$$

بالنسبة للايون الثاني Ba^{+2}

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{0.001M \times 10\ ml}{20\ ml} = 0.0005 = 5 \times 10^{-4}\ M$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

$$\qquad 5 \times 10^{-4} \qquad 5 \times 10^{-3}$$

$$\text{الحاصل الايوني} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$\text{الحاصل الايوني} = [5 \times 10^{-3}][5 \times 10^{-4}] = 25 \times 10^{-7}$$

الحاصل الايوني > من KsP يحصل ترسيب .

سؤال(3-16) لتر من محلول يحتوي 0.01M على ايونات Sr^{+2} و ايونات Ba^{+2} عند اضافة كمية من Na_2SO_4 ايهما سيترسب اولا $BaSO_4$ ام SrSO4 ولماذا علما ان $Ksp_{BaSO4}= 1.6 \times 10^{-10}$ $Ksp_{SrSO4}= 3.8 \times 10^{-7}$ عند 25C° .

الحـــــــل/ $[Sr^{+2}] = [Ba^{+2}] = n = 10^{-2}$ لان الحجم لتر واحد

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

$$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$[SO_4^{-2}]= \frac{K_{sp}}{(Ba^{+2})}$$

$$[SO_4^{-2}]= \frac{1.6 \times 10^{-10}}{(10^{-2})}$$

$$[SO_4^{-2}]=1.6 \times 10^{-8}$$

$$SrSO_4 \rightleftharpoons Sr^{+3} + SO_4^{-2}$$

$$K_{sp} = [Sr^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$[SO_4^{-2}]= \frac{K_{sp}}{(Sr^{+2})}$$

$$[SO_4^{-2}]= \frac{3.8 \times 10^{-7}}{(10^{-2})}$$

$$[SO_4^{-2}]=3.8 \times 10^{-5}$$

BaSO4يترسب اولا لانه اقل ذوبانية

العوامل المؤثرة على الذوبانية

1- تأثير درجة الحرارة 2- تأثير الايون المشترك 3- تأثير الاس الهيدروجيني.

1. تأثير درجة الحرارة :- تزداد ذوبانية معظم المواد شحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة لكن الزيادة تختلف من مادة الى اخرى

2- تأثير الأيون المشترك:- حسب قاعدة لي شاتليه يمكن للاملاح شحيحة الذوبان ان تنخفض بوجود زيادة من ايونات مشتركة لهذه المادة في المحلول وبالتالي التحكم بعملية ذوبان الراسب.

خطوات حل مسائل الايون المشترك الخاصة بالذوبانية. (الطريقة المباشرة)

1. نكتب معادلة تفكك المادة شحيح الذوبان ونجد له الذوبانية في الماء النقي (او محلوله المشبع)بالطرق الاعتيادية.

2. في الخطوة الثانية نكتب معادلة تفكك المادة شحيحة الذوبان لكن نفرض هنا للذوبانية رمزY او `S وتحت معادلته نكتب معادلة تفكك الالكتروليت القوي وتفككه سيكون من خطوة واحدة. لاحظ المخطط ادناه

المادة شحيحة الذوبان: $AB \rightleftharpoons A + B$ (S` S`)

الالكتروليت القوي: $CB \rightarrow C + B$ (M → M M)

$$Ksp = S`\,(S` + M)$$ (M يهمل) ⟹ $$S` = \frac{Ksp}{M}$$

ونذكر دائما هذه العبارة ان الذوبانية قلت بوجود الايون المشترك

الامثلة والتمارين ومسائل الفصل الخاصة بتأثير الايون المشترك على الذوبانية

مثال(3-15) ما هي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $Ksp = 1.57 \times 10^{-9}$

أ) في الماء النقي ب) في محلول KIO_3 تركيز 0.02M ؟ ثم ناقش النتائج

علما ان $\sqrt[3]{0.3925} = 0.73$

الحـــــل / أ) في الماء النقي

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^{-}$$

S   S   2S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2$$

$$K_{SP} = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 0.73 \times 10^{-3} = 7.3 \times 10^{-4}\ M$$ الذوبانية في الماء النقي

ب) في محلول KIO_3 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^{-}$$

S`          S`   2S`

$$KIO_3 \rightarrow K^{+} + IO_3^{-}$$

0.02   0.02   0.02

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2$$

$$K_{SP} = (S`)(0.02 + 2S`)^2$$ (2S` يهمل)

$$S` = \frac{K_{sp}}{(0.02)^2} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-4}}$$

$$S` = \frac{15.7 \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-4}} = 3.9 \times 10^{-6}\ M$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

نلاحظ ذوبانية يودات الباريوم قد انخفضت بوجود الايون المشترك



سؤال (10-3) ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علما ان $Ksp = 1.6 \times 10^{-10}$
وما ذوبانيته بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه

علما ان $\sqrt{1.6} = 1.26$

الحـــل / أ) في المحلول المائي المشبع

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$S \qquad\quad S \qquad\quad S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$
$$K_{SP} = (S) \times (S) = S^2$$
$$S^2 = 1.6 \times 10^{-10}$$
$$S = 1.26 \times 10^{-5}\ M$$ الذوبانية في المحلول المائي المشبع

ب) في محلول H_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

نجد اولا تركيز الحامض بعد الاضافة.

$$V_{(ml)\ \text{المحلول المائي}} = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$$
$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$10\ M \times 1ml = M_2 \times 1000\ ml$$
$$M_2 = \frac{10\ M \times 1\ ml}{1000\ ml} = 0.01\ M[H_2SO_4]$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+} + SO_4^{-2}$$
$$S` \qquad\quad S` \qquad\quad S`$$
$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^{+} + SO_4^{-2}$$
$$0.01 \qquad\quad 0.02 \qquad\quad 0.01$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$
$$K_{SP} = (S`)(0.01 + S`) =$$
يهمل

$$S` = \frac{KsP}{(0.01)}$$
$$S` = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{10^{-2}} = 1.6 \times 10^{-8}\ M$$

نلاحظ ان ذوبانية كبريتات الباريوم قلت بوجود الايون المشترك

سؤال (12-3) أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة g/L لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4

$(M= 314\ g/mol)$ $PK_{SP}=4.92$ أ) في الماء النقي ب) 0.15M كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4

علما ان $(Log\ 1.2 = 0.08)$ $(\sqrt[3]{3}=1.42)$ $(\sqrt[2]{0.2}=0.44)$.

الحـــــل / أ) في الماء النقي

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$
$$S \qquad 2S \qquad S$$

$K_{SP} =[Ag^+]^2[SO_4^{-2}]$

$K_{SP} = (2S)^2 \times (S) = 4S^3$

$K_{sp} = 10^{-PKsp}$

$K_{sp} = 10^{-4.92 + 5 - 5}$

$K_{sp} = 10^{0.08 - 5}$

$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$

$S^3 = \frac{KSP}{4}$

$S^3= \frac{1.2 \times 10^{-5}}{4} = \frac{12 \times 10^{-6}}{4} = 3 \times 10^{-6}$ بالجذر التكعيبي

$S = 1.42 \times 10^{-2} = 0.0142\ M$ الذو بانية في الماء النقي

ولحساب الذوبانية بوحدات g/L نستخدم هذه العلاقة

$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$

$S(g/L) = 0.0142 \times mol/L \times 314g/mol = 4.46\ g/L$

ب) في محلول K_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$
$$S` \qquad 2S` \qquad S`$$
$$K_2SO_4 \longrightarrow 2K^+ + SO_4^{-2}$$
$$0.15 \qquad 0.30 \qquad 0.15$$

$K_{SP} =[Ag^+]^2[SO_4^{-2}]$

$K_{SP} = (2S`)^2\ (0.15 + S`) = 4S`^2 \times 0.15= 0.6\ S`^2$

يهمل

$S`^2= \frac{KsP}{(0.6)} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{0.6} = 2 \times 10^{-5} = 0.2 \times 10^{-4}$ بالجذر التربيعي

$S` = 0.44 \times 10^{-2} = 4.4 \times 10^{-3}\ M$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$

$S(g/L) = 4.4 \times 10^{-3}\ mol/L \times 314g/mol = 1.38\ g/L$

سؤال(3-20) الذوبانية المولارية لـ $Pb(IO_3)_2$ في محلول 0.1M من $NaIO_3$ تساوي 2.4×10^{-11} احسب الذوبانية المولارية لـ $Pb(IO_3)_2$ في محلول مائي مشبع.

للفائدة
$\sqrt[3]{60} = 3.9$

$$Pb(IO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{+2} + 2IO_3^-$$
$$\quad S' \quad 2S'$$

$$NaIO_3 \longrightarrow Na^+ + IO_3^-$$
$$0.1 \quad 0.1 \quad 0.1$$

$$Ksp = [Pb^{+2}][IO_3^-]^2$$

$$Ksp = [S'][2S' + 0.1]^2$$

تهمل

$$S' = 2.4 \times 10^{-11} \text{ (معطى)}$$

$$Ksp = [2.4 \times 10^{-11}][0.1]^2 = 2.4 \times 10^{-13}$$

$$Pb(IO_3)_2 \rightleftharpoons Pb^{+2} + 2IO_3^-$$
$$S \quad S \quad 2S$$

$$Ksp = [Pb^{+2}][IO_3^-]^2$$

$$Ksp = [S][2S]^2$$

$$Ksp = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{Ksp}{4}$$

$$S^3 = \frac{2.4 \times 10^{-13}}{4}$$

$$S^3 = \frac{24 \times 10^{-14}}{4}$$

$$S^3 = 6 \times 10^{-14}$$

$$S^3 = 60 \times 10^{-15}$$

$$S = 3.9 \times 10^{-5}\ M$$

تمرين 3-17 قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح MgF_2 = 6.5×10^{-9}

أ) أحسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي.

ب) احسب الذوبانية في محلول NaF القوي بتركيز 0.1M ؟ ثم قارن بين النتيجتين.

للفائدة ($\sqrt[3]{1.625}$=1.18)

(الاجوبة) في الماء النقي $S = 1.18 \times 10^{-3}$ M في الايون المشترك $S` = 6.5 \times 10^{-7}$ M

الحـــــل/ واجب

3- تأثير الأس الهيدروجيني : تعتمد ذوبانية كثير من المواد على تركيز H^+ خاصة المواد التي يشكل ايون الهيدروكسيد أحد مكوناته مثل هيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ حيث تتغير مقدار ذوبانية هذه المواد مع تغير قيم PH للمحلول.

لاحظ مثلا هذه المعادلة $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$

عند اضافة حامض لهذا المحلول المشبع يؤدي الى أتحاد ايونات H^+ مع ايونات OH^- لتكوين جزيئات الماء وهذا يؤدي الى اختلال في عملية التوازن ولتعويض النقص الحاصل في ايونات OH^- تتفكك المزيد من جزيئات المركب(اي زيادة في الذوبانية) اما عند اضافة قاعدة تقل الذوبانية.

ملاحظات حسابية لحل مسائل تأثير الاس الهيدروجيني

حينا نرى في السؤال ملح يحوي جزيئات OH وايضا يعطي في السؤال قيمة PH او POHوقيمة K_{SP} ويطلب الذوبانية في السؤال فهذا يعني انه تأثير اس هيدروجيني. وخطوات حل السؤال تكون كالاتي

1- من قيم PH او POH نستخرج تركيز $[OH^-]$ ونضعها تحت ايون الهيدروكسيد دون ضربها في عدد المولات

2- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان بالصورة الاتية

$$X + 2OH^- \rightleftharpoons X(OH)_2$$

3- سيعطي بالسؤال قيمة K_{sp} او PK_{sp} نحولها ونطبق القانون

$$KSp= [X][OH]^2$$

$$KSp= [S][\text{القيمة المستخرجة}]^2$$

$$S = \frac{KsP}{(\text{القيمة المستخرجة})^2} = \text{الذوبانية المطلوبة}$$

4- اذا كان المركب XOH نفس الخطوات لكن بدون تربيع.

مثال (3-16) أحسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنسيوم $Ksp= 1.8 \times 10^{-11}$ في محلول مائي ثبت حموضته عند PH= 10.5 علما أن Log 3.16 = 0.5 ؟

الحـــل / نحسب تركيز [H+] من تركيز PH

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5 +11 -11}$$
$$[H^+] = 10^{+0.5 -11}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5} \times 10^{-11}$$
$$[H^+] = 3.16 \times 10^{-11}\ M$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.16 \times 10^{-11}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{3.16 \times 10^{-11}} = 3.16 \times 10^{-4}\ M$$

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons \underset{S}{Mg^{+2}} + \underset{3.16 \times 10^{-4}}{2OH^-}$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.8 \times 10^{-11} = (S)(3.16 \times 10^{-4})^2$$

$$S= \frac{1.8 \times 10^{-11}}{(3.16 \times 10^{-4})^2} = \frac{18 \times 10^{-12}}{10 \times 10^{-8}} = 1.8 \times 10^{-4}\ M$$ ذوبانية هيدروكسيد المغنسيوم

تمرين (3-18) أحسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ في محلول ثبتت حامضيته عند أ) $PH = 6$ ب) $PH = 9$ ثم ناقش النتائج علما ان $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$

الحل/

أ) عند $PH = 6$ نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-6}$$
$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{1 X 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 X 10^{-14}}{1 X 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8} M$$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$$\underset{S}{Zn(OH)_2} \rightleftharpoons \underset{S}{Zn^{+2}} + \underset{1 \times 10^{-8}}{2OH^-}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-8})^2$$
$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-8})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-16}} = 1.2 \times 10^{-1} M$$

ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند $PH = 6$

ب) عند $PH = 9$ نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-9}$$
$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{1 X 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 X 10^{-14}}{1 X 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} M$$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$$\underset{S}{Zn(OH)_2} \rightleftharpoons \underset{S}{Zn^{+2}} + \underset{1 \times 10^{-5}}{2OH^-}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-5})^2$$
$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-5})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-7} M$$

ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند $PH = 9$

المناقشة عند $PH=6$ المحلول حامضي و عند $PH=9$ المحلول قاعدي وهذه المواد تكون الذوبانية لها اكبر عند المحاليل الحامضية بسبب اتحاد ايونات H^+ مع ايونات OH^- فيحصل نقص بتراكيز ايون H^+ فتتفكك المزيد من جزيئات المركب اي زيادة بالذوبانية.

مسائل الفصل الخاصة بالذوبانية

سؤال (3-4) ان عدد مليغرامات يودات الباريوم (M= 487g/mol) و $K_{sp}(1.57 \times 10^{-9})$ التي يمكن ان تذوب في 150ml الماء النقي
(أ) 34.4mg (ب) 44.4mg (ج) 53.4mg

الحل

$$\rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$

S   S   2S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2 = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 X 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 0.732 \times 10^{-3} = 7.3 \times 10^{-4} M$$ الذوبانية في الماء النقي

نحسب m من العلاقة التالية $m = (M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L))$

$$m = 7.32 \times 10^{-4} mol/L \times 487 g/mol \times 0.15(L) = 0.0534\ g$$

سؤال (3-13) ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 (M= 332g/mol) التي يمكن ان تذوب في 100ml من الماء المقطر علما ان $Ksp = 1.1 \times 10^{-12}$ $\sqrt[3]{0.275} = 0.65$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$

2S   S

$$K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]$$

$$1.1 \times 10^{-12} = (2S)^2 \times S = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{1.1 X 10^{-12}}{4} = 0.275 \times 10^{-12}$$ ناخذ الجذر التكعيبي

$$S = 0.65 \times 10^{-4} = 6.5 \times 10^{-5} M$$

نحسب m من العلاقة التالية $m = (M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L))$ وعليه

$$m = 6.5 \times 10^{-5} mol/L \times 332 g/mol \times 0.1(L) = 0.00216 = 2.16 \times 10^{-3}\ g$$

سؤال (3-14) ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم القوي يساوي 0.1M اذا علمت ان $K_{sp}(BaCrO_4) = 1.2 \times 10^{-10}$

الحل/ نطبق علاقة الايون المشترك مباشرة

$$BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + CrO_4^{-2}$$

S   S   S

$$BaCl_2 \rightarrow Ba^{+2} + 2Cl^-$$

0.1   0.1   0.2

$$Ksp = (0.1 + S)(S)$$

يهمل

ملاحظة طبقنا علاقة الملح مع الايون المشترك مباشرة لأنه لم يذكر أحسب الذوبانية في الماء المقطر وايضا استخدمنا الرمز S بدل

$$S = \frac{Ksp}{0.1} = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{0.1} = 1.2 \times 10^{-9}\ mol/L$$

سؤال(6-3) ذوبانية AgCl في محلوله المائي المشبع = 1.34×10^{-5} جد

1- ذوبانيته في 0.1M من $CaCl_2$

2- هل يترسب AgCl في محلول يحتوي ايونات Ag^+ و Cl^- كلا منهما بتركيز 1×10^{-6} ولماذا

الحل

1. نجد قيمة Ksp من قيمة الذوبانية المعلومة

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

$$\quad\quad\quad S \quad\quad S$$

$$Ksp = [Ag^+][Cl^-]$$

$$Ksp \; S \times S$$

$$Ksp = [1.34 \times 10^{-5}][1.34 \times 10^{-5}]$$

$$Ksp = 1.8 \times 10^{-10}$$

الان نجد الذوبانية في محلول من 0.1M من $CaCl_2$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

$$\quad\quad S' \quad\quad S'$$

$$CaCl_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2Cl^-$$

$$0.1 \quad\quad 0.1 \quad\quad 0.2$$

$$Ksp = [Ag^+][Cl^-]$$

يهمل

$$1.8 \times 10^{-10} = [\acute{S}][\acute{S} + 0.2]$$

$$\acute{S} = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{0.2} = 9 \times 10^{-10}$$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

$$10^{-6} \quad\quad 10^{-6}$$

الحاصل الايوني = $[Ag^+][Cl^-]$

الحاصل الايوني = $1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}$

الحاصل الايوني = 1×10^{-12}

الحاصل الايوني < من KsP لا يحصل ترسيب

سؤال(21-3) الاس الهيدروجيني لمحلول مشبع من $Fe(OH)_2$ يساوي 9.5 احسب ذوبانيته في محلول له ثبت حامضيته عند PH= 10 اعتبر Log3 = 0.5

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - 9.5 = 4.5$$
$$OH^- = 10^{-4.5+5-5}$$
$$OH^- = 10^{0.5} \times 10^{-5}$$
$$OH^- = 3 \times 10^{-5} M = 2S$$
$$S = \frac{3 \times 10^{-5}}{2} = 1.5 \times 10^{-5}$$
$$Fe(OH)_2 \rightleftharpoons Fe^{+2} + 2OH^-$$
$$1.5 \times 10^{-5} \quad 3 \times 10^{-5}$$
$$Ksp = [1.5 \times 10^{-5}][3 \times 10^{-5}]^2$$
$$Ksp = 13.5 \times 10^{-15} = 1.35 \times 10_{-14}$$

الان نجد الذوبانية عند PH= 10

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - 10 = 4$$
$$[OH^-] = 10^{-POH}$$
$$[OH^-] = 10^{-4}$$
$$Fe(OH)2 \rightleftharpoons Fe^{+2} + 2OH^-$$
$$S \quad 10^{-4}$$
$$Ksp = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.35 \times 10^{-14} = (S)(1 \times 10^{-4})^2$$
$$S = \frac{1.35 \times 10^{-14}}{(1 X 10^{-4})^2}$$
$$S = \frac{1.35 \times 10^{-14}}{1 X 10^{-8}}$$
$$Ss = 1.35 \times 10^{-6} M$$

الاثرائيات الخاصة بالذوبانية

تمهيدي 2015: ذوبانية $PbSO_4$ في محلول مائي مشبع منه = 1×10^{-4} كم مللتر من حامض الكبريتيك تركيزه $10\ M$ الواجب اضافته الى لتر من المحلول لجعل الذوبانية 10^{-6}.



ج

اولاً: نجد اولا K_{sp} في المحلول المائي المشبع:

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S S

$K_{sp} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$

$K_{sp} = S \times S$

$K_{sp} = S^2$

$K_{sp} = (1 \times 10^{-4})^2$

$K_{sp} = 1 \times 10^{-8}$

ثانياً: نجد تركيز H_2SO_4 بوجود $PbSO_4$.

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

$\bar{S}$ $\bar{S}$

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{-2}$$

Y 2 Y

$K_{sp} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$

$10^{-8} = (\bar{S})(Y + \bar{S}$ يهمل$)$

$Y = \frac{10^{-8}}{\bar{S}} = \frac{10^{-8}}{10^{-6}} = 0.01\ M = [H_2SO_4]$

$V\ (mL)_{\text{المحلول المائي}} = 1\ L \times 1000\ mL/L$

$V\ (mL)_{\text{المحلول المائي}} = 1000\ mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$10\ M \times V_1 = 0.01\ M \times 1000\ ml$

$V_1 = \frac{0.01\ M \times 1000\ mL}{10\ M} = 1\ mL$



تمهيدي 2014: اذا علمت ان الذوبانية المولارية لكرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلوله المائي المشبع هي $1.2 \times 10^{-5}\ M$ ما عدد مولات كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 التي يجب اضافتها الى لتر من المحلول لجعل تركيز ايونات الباريوم $1.44 \times 10^{-8}\ M$.

خارج القطر 2015: الذوبانية المولارية لفلوريد المغنيسيوم MgF_2 في محلول 0.1M من فلوريد الصوديوم NaF تساوي $6.5x10^{-7}$ M ، احسب الذوبانية المولارية لـ MgF_2 في محلوله المائي المشبع ، علماً ان $\sqrt[3]{1.625} = 1.18$

الحل / نجد اولا Ksp من تركيز الالكتروليت القوي وذوبانية الملح الشحيح الذوبان

$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2F^-$$
$$S' \quad 2S'$$

$$NaF \longrightarrow Na^+ + F^-$$
$$0.1 \quad 0.1 \quad 0.1$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}][F^-]^2$$
$$K_{sp} = (S')(0.1 + 2S' \text{ يهمل})^2$$
$$K_{sp} = (6.5 \times 10^{-7})(0.1)^2$$
$$K_{sp} = (6.5 \times 10^{-9})$$

الان نجد ذوبانيته في المحلول المائي المشبع

$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2F^-$$
$$S \quad 2S$$

$$K_{sp} = [S][2S]^2$$
$$K_{sp} = 4S^3$$
$$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$$
$$S^3 = \frac{6.5 \times 10^{-9}}{4}$$
$$S^3 = 1.625 \times 10^{-9} \text{ ناخذ الجذر التربيعي}$$
$$S = 1.18 \times 10^{-3} M$$

حل اسئلة الفصل الثالث

السؤال الاول اختر الاجابة الصحيحة مع بيان السبب بوضوح

1. PH = 7 لاحد المحاليل الاتية

أ- NH_4NO_3 ب- $NaNO_2$ جـ- $NaNO_3$

الجواب الصحيح $NaNO_3$ لان ملح متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية لذلك ليس لايوناته الموجبة او السالبة التفاعل بشكل محلوظ مع جزئيات الماء

2. مقدار التغير في PH يكون كبير جدا عند اضافة HCl بتركيز عالي الى لتر من

أ- الماء المقطر ب- ماء البحر جـ- محلول قاعدي

الجواب الصحيح / الماء المقطر والسبب بسبب تفكك HCl التام في الماء النقي ولانه سيكون حرا مما يؤدي الى حدوث انخفاض كبير في PH الماء

3. احد المحاليل الاتية تصل الى حالة اتزان عند التأين

أ- H_2SO_4 ب- CH_3NH_2 ج- KOH

الجواب الصحيح / CH_3NH_2 والسبب لانه الكتروليت ضعيف لا تتأين بشكل تام.

حل باقي اسئلة الفصل كان مع مواضيع الفصل

